



Escola Universit ria d'Enginyeria  
Técnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLIT CNICA DE CATALUNYA

## **Volumen II**

Anexos

PROYECTO FINAL DE CARRERA

# **“LÍNEA DE ELECTRIFICACIÓN DE UNA URBANIZACIÓN”**

PFC presentado para optar al título de Ingeniería  
Técnica Industrial especialidad ELECTRICIDAD  
por **Albert Castillo Vidiella**

Barcelona, 12 de Enero de 2011

Tutor proyecto: Juan Antonio Ramírez Miralles  
Departamento EGE (D717)  
Universitat Polit cnica de Catalunya (UPC)



## **SUMARIO**

<b>Capítulo 1: Cálculos línea aérea de media tensión .....</b>	<b>1</b>
1.1. Cálculos eléctricos .....	1
1.1.1. Resistencia eléctrica del conductor a diferente temperatura .....	1
1.1.2. Reactancia del conductor .....	2
1.1.3. Densidad e intensidad máxima de corriente del conductor aéreo .....	3
1.1.4. Caída de tensión .....	4
1.1.5. Máxima potencia a transportar .....	6
1.1.6. Intensidad de cortocircuito .....	8
1.1.7. Toma de tierra .....	8
1.2. Cálculos mecánicos de la línea aérea de MT .....	11
1.2.1. Peso del conductor por efecto de la presión del viento .....	11
1.2.2. Cálculo del tense. Ecuación del cambio de condiciones .....	12
1.2.3. Cálculo de la flecha máxima .....	15
1.2.4. Cálculo de los esfuerzos de los apoyos .....	17
1.2.5. Cálculo de las distancias de seguridad .....	24
1.2.6. Cálculo de la altura de los apoyos .....	29
1.2.7. Cálculo de las cimentaciones de los apoyos .....	32
<b>Capítulo 2: Cálculos línea subterránea de media tensión .....</b>	<b>37</b>
2.1. Cálculo de la intensidad admisible del conductor según su instalación .....	37
2.2. Cálculo justificativo de la sección del conductor frente a intensidades de cortocircuito .....	39
2.3. Cálculo de la intensidad y nivel de saturación del conductor .....	39
2.4. Cálculo de la caída de tensión en la línea subterránea de MT .....	40
<b>Capítulo 3: Cálculos de los centros de transformación .....</b>	<b>43</b>
3.1. Intensidad en el primario del transformador .....	43
3.2. Intensidad en el secundario del transformador .....	44
3.3. Intensidad de cortocircuito .....	45
3.3.1. Cortocircuito en el lado de alta tensión .....	45
3.3.2. Cortocircuito en el lado de baja tensión .....	46
3.4. Instalaciones de puesta a tierra .....	46
3.4.1. Características del suelo .....	46
3.4.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto .....	47
3.4.3. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra .....	48
3.4.3.1. Tierra de protección .....	48
3.4.3.2. Tierra de servicio .....	49
3.4.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras .....	49
3.4.4.1. Tierra de protección .....	49
3.4.4.2. Tierra de servicio .....	51
3.4.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación .....	51
3.4.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación .....	52
3.4.7. Cálculo de las tensiones aplicadas .....	52
3.4.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior. Distancia de separación entre tierras .....	54
3.4.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo .....	54
<b>Capítulo 4: Cálculos líneas subterráneas de baja tensión .....</b>	<b>55</b>
4.1. Cálculo de la intensidad admisible del conductor según su instalación .....	55

4.2. Calculo justificativo de la sección del conductor frente a intensidades de cortocircuito .....	57
4.3. Calculo de la intensidad y nivel de saturación de los conductores.....	57
4.4. Calculo de la caída de tensión en las líneas subterráneas de BT .....	58
4.5. Caídas de tensión de las líneas y niveles de saturación .....	59
4.5.1.Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 1 .....	61
4.5.2.Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 2 .....	62
4.5.3.Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 3 .....	63
4.5.4.Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 4 .....	64
4.5.5.Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 5 .....	65
4.5.6.Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 6 .....	66
4.5.7.Resumen de máximas caídas de tensión y niveles de saturación de las líneas ..	66
<b>Capítulo 5: Estudio de impacto ambiental .....</b>	<b>69</b>
5.1. Introducción y antecedentes.....	69
5.2. Descripción del proyecto y sus acciones.....	70
5.2.1.Descripción del tramo aéreo y subterráneo.....	70
5.2.2.Acciones del proyecto .....	70
5.3. Área de estudio y síntesis inicial del medio .....	71
5.4. Justificación del trazado seleccionado .....	72
5.5. Identificación, caracterización y valoración de impactos .....	72
5.5.1.Impactos sobre la geología y la geomorfología.....	72
5.5.2.Impactos sobre la edafología .....	73
5.5.3.Impactos sobre la hidrología .....	74
5.5.4.Impactos sobre el aire .....	74
5.5.5.Impactos sobre la vegetación.....	76
5.5.6.Impactos sobre la fauna .....	77
5.5.7.Impactos sobre la población .....	78
5.5.8.Impactos sobre los sectores económicos.....	79
5.5.9.Impactos sobre el sistema territorial .....	80
5.5.10. Impactos sobre las infraestructuras.....	81
5.5.11. Impactos sobre el patrimonio.....	81
5.5.12. Impactos sobre el paisaje.....	81
5.6. Medidas preventivas y correctoras.....	82
5.6.1.Medidas Preventivas o correctoras.....	82
5.6.1.1. Medidas preventivas sobre residuos.....	83
5.6.1.2. Medidas preventivas sobre el suelo .....	84
5.6.1.3. Medidas preventivas sobre hidrología .....	85
5.6.1.4. Medidas preventivas sobre la calidad del aire .....	85
5.6.1.5. Medidas preventivas sobre la vegetación .....	85
5.6.1.6. Medidas preventivas sobre la fauna .....	86
5.6.1.7. Medidas preventivas sobre el medio socioeconómico .....	86
5.6.1.8. Medidas preventivas sobre el patrimonio .....	86
5.6.1.9. Medidas preventivas sobre el paisaje .....	86
5.6.2.Medidas Correctoras .....	87
5.7. Programa de vigilancia ambiental .....	87
5.8. Conclusiones.....	88
<b>Capítulo 6: Estudio básico de seguridad y salud .....</b>	<b>91</b>
6.1. Objeto.....	91
6.2. Obligaciones del contratista.....	92
6.3. Actividades básicas.....	92
6.3.1.Tendido de cable subterráneo (C.S.) .....	92
6.3.2.Tendido de línea aérea (L.A.).....	92

6.3.3.Construcción centro de transformación, interior o intemperie (C.T.).....	93
6.4. Identificación de riesgos.....	93
6.4.1.Riesgos laborales .....	93
6.4.2.Riesgos de daños a terceros .....	95
6.5. Medidas preventivas .....	95
6.5.1.Prevenición de riesgos laborales a nivel colectivo .....	95
6.5.2.Prevenición de riesgos laborales a nivel individual.....	97
6.5.3.Prevenición de riesgos de daños a terceros .....	98
6.6. Normativa aplicable.....	98



# CAPÍTULO 1: CÁLCULOS LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

Los cálculos se realizarán con lo descrito tanto en el RLAT como las directrices de la compañía suministradora FECSA-ENDESA.

Los datos que se utilicen en este apartado en cuanto a distancias, características del conductor, entre otros, serán los expuestos en el capítulo 2 de la memoria.

## 1.1. Cálculos eléctricos

Tal y como se ha descrito, se seguirán los protocolos de cálculo de la compañía suministradora expuestos en el documento *ADZ00100* de la misma, así como las directrices del RLAT.

### 1.1.1. Resistencia eléctrica del conductor a diferente temperatura

La resistencia eléctrica del conductor varía según su temperatura. Por ello, a efectos de cálculos, se utilizará el valor de resistencia a 75°C considerada como la temperatura ambiente más la temperatura que adquiere el conductor por el paso de la carga.

Para calcular dicho valor se utilizará la siguiente expresión:

$$R_{75} = R_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (t - 20)] \quad (1.1)$$

Siendo:

$R_{75}$ : Resistencia del conductor a 75°C ( $\Omega/\text{km}$ )

$R_{20}$ : Resistencia del conductor a 20°C ( $\Omega/\text{km}$ )

$\alpha$ : 0,0040 para el aluminio

t: Temperatura que alcanzara el conductor (°C)

Obteniendo un resultado de:

$$R_{75} = 0,6136 \cdot [1 + 0,0040 \cdot (75 - 20)] = 0,7486 \Omega/\text{km}$$

Si se quiere saber la resistencia total de la línea:

$$R_{T\ 75^{\circ}\text{C}} = 0,7486 \cdot 1,4 = 1,048 \Omega$$

### 1.1.2. Reactancia del conductor

Para calcular la reactancia del conductor se realizara mediante la siguiente expresión:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot M \quad (1.2)$$

Siendo:

X: Reactancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ )

f: Frecuencia de la red (Hz)

M: Coeficiente de inducción mutua entre conductores (H/km)

Para calcular el coeficiente de inducción mutua, M:

$$M = \left(0,5 + 4,605 \cdot \log\left(\frac{D}{r}\right)\right) \cdot 10^{-4} \quad (1.3)$$

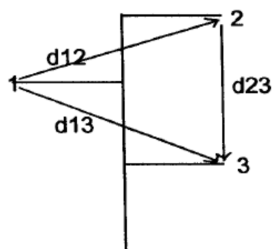
Siendo:

D: Separación media geométrica entre conductores (mm)

r: Radio del conductor (mm)



Para hallar el valor de D (distancia geométrica entre conductores) dependerá del armado utilizado. En el caso que nos ocupa este proyecto, la separación D se obtiene de la siguiente manera:



**TRESBOLILLO**

**Figura 1.1:** Cálculo de la separación media entre conductores en armado tresbolillo

$$D = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}} \quad (1.4)$$

Siendo:

D: Separación media geométrica entre conductores (m)

$d_{12}$ ,  $d_{13}$ ,  $d_{23}$ : Separaciones entre conductores (m)

Una vez expuesta la metodología de cálculo para hallar el valor de la reactancia de la línea, utilizando las expresiones de la 1.2 a la 1.4, los resultados quedan recogidos en la siguiente tabla:

Cálculo X	
$d_{12}$ (m)	3,23
$d_{13}$ (m)	3,46
$d_{23}$ (m)	2,41
D (m)	3,00
M (H/km)	0,0013
X (Ω/km)	0,4212
$X_T$ (Ω)	0,5897

**Tabla 1.1** - Cálculo del valor de la reactancia de la línea

### 1.1.3. Densidad e intensidad máxima de corriente del conductor aéreo

Para calcular la densidad e intensidad máxima admisible en régimen permanente, se utilizaran las tablas del apartado 4 de la ITC-LAT 07 del RLAT.

El conductor a instalar según las características descritas en la memoria consta de una sección de 54,6 mm<sup>2</sup>, su densidad de corriente se extraerá de la siguiente tabla:

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Densidad de corriente A/mm <sup>2</sup>		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

**Tabla 1.2** - Densidades de corriente de los conductores en régimen permanente

Como la sección del conductor no aparece en la tabla, deberemos interpolar para obtener el valor de la densidad de corriente del cable que se utilizara:

$$\frac{70 - 50}{3,55 - 4,00} = \frac{70 - 54,6}{3,55 - \sigma} \rightarrow \sigma = 3,89 \text{ A/mm}^2$$

Como el conductor es de aluminio y acero, se ha hecho la interpolación en el aluminio y posteriormente según RLAT se le aplicara un factor corrector de 0,937 para composiciones de 6+1, quedando la densidad del conductor:

$$\sigma' = \sigma \cdot 0,937 = 3,89 \cdot 0,937 = 3,65 \text{ A/mm}^2$$

Una vez conocida la densidad de corriente del conductor, la intensidad máxima admisible será de:

$$I_{\max adm} = \sigma' \cdot \text{sección} = 3,65 \cdot 54,6 = 199,35 \text{ A}$$

La intensidad máxima que puede circular por el conductor es de 199,35 A, dicha intensidad es bastante elevada que la que circulara en el conductor, que su valor es de 62,58 A tal y como se calcula en el siguiente apartado.

#### 1.1.4. Caída de tensión

Según las directrices de la compañía suministradora la caída de tensión en la línea de media tensión, incluyendo tendido aéreo y tendido subterráneo no debe sobrepasar el 7%.

Para determinar la caída de tensión conocidas la resistencia y la reactancia de la línea aérea, se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad (1.5)$$

Siendo:

$\Delta V$ : Caída de tensión de la línea (V)

I: Intensidad de la línea (A)

L: Longitud de la línea (km)

R: Resistencia de la línea a 75°C ( $\Omega/\text{km}$ )

X: Reactancia de la línea ( $\Omega/\text{km}$ )

$\cos\varphi$ : considerando un  $\cos\varphi$  de 0,85 tal y como se ha indicado en la memoria

Sabiendo que la intensidad a circular por la línea es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (1.6)$$

I: Intensidad de la línea (A)

S: Potencia aparente a suministrar (kVA)

V: Tensión nominal de la línea (kV)

Si se quiere conocer la caída de tensión de la línea en tanto por ciento:

$$\Delta V(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot V^2} \cdot (R + X \cdot \tan\varphi) \quad (1.7)$$

Siendo:

P: Potencia a transportar de la línea (kW)

L: Longitud de la línea (km)

V: Tensión nominal de la línea (kV)

R: Resistencia de la línea a 75°C ( $\Omega/\text{km}$ )

X: Reactancia de la línea ( $\Omega/\text{km}$ )

La intensidad que circula es la siguiente:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{2710}{\sqrt{3} \cdot 25} = 62,58 \text{ A}$$

Y la caída de tensión:

$$\begin{aligned}\Delta V &= \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) = \\ &= \sqrt{3} \cdot 62,58 \cdot 1,4 \cdot (0,7486 \cdot 0,85 + 0,4212 \cdot 0,53) = 130,24 \text{ V}\end{aligned}$$

Y en tanto por ciento:

$$\Delta V(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot V^2} \cdot (R + X \cdot \tan\varphi) = \frac{2303,5 \cdot 1,4}{10 \cdot 25^2} \cdot (0,7486 + 0,4212 \cdot 0,62) = 0,52 \%$$

La caída de tensión calculada corresponde a la parte del tramo aéreo de la línea de MT, a este valor se deberá sumar el valor de la caída de tensión en el tramo subterráneo para obtener la caída de tensión total de la línea de MT, pero de momento la caída de tensión está muy por debajo del valor que fija la compañía suministradora.

#### 1.1.5. Máxima potencia a transportar

La potencia máxima a transportar en la línea se calcula a través:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{max} \cdot \cos\varphi \quad (1.8)$$

Siendo:

$P_{max}$ : Potencia máxima a transportar en la línea (W)

V: Tensión nominal de la línea (V)

$I_{max}$ : Intensidad máxima que puede soportar el conductor (A)

Por lo tanto, la potencia máxima a transportar en la línea será:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{max} \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 25000 \cdot 199,35 \cdot 0,85 = 7\,337,13 \text{ kW}$$

El valor obtenido de la potencia máxima que puede transportar el conductor está muy por encima del valor de la potencia que se transporta en la línea, valor que aparece en la previsión de cargas del capítulo 1.

Esta es la máxima potencia que se puede transportar con el conductor a instalar, pero cabe remarcar que no será la totalidad de la potencia al final de la línea debido a la pérdida de

potencia que se produce por resistencia en función de la longitud de la línea. Dichas pérdidas según la potencia a transportar se calcula con la siguiente expresión:

$$P_p = \frac{R \cdot L \cdot P^2}{V^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (1.9)$$

Siendo:

$P_p$ : Potencia perdida en la línea (W)

R: Resistencia de la línea ( $\Omega/\text{km}$ )

L: Longitud de la línea (km)

P: Potencia a transportar (kW)

V: Tensión nominal de la línea (kV)

Y si la hacemos en tanto por ciento:

$$P_p(\%) = \frac{P_p}{P} \cdot 100 \quad (1.10)$$

Siendo:

P: Potencia a transportar (kW)

Por lo tanto la pérdida de potencia en la línea para la potencia que transportaremos, nos queda:

$$P_p = \frac{R \cdot L \cdot P^2}{V^2 \cdot \cos^2 \varphi} = \frac{0,7486 \cdot 1,4 \cdot 2303,5^2}{25^2 \cdot 0,85^2} = 12\,315\,W \rightarrow 12,315\,kW$$

En tanto por ciento:

$$P_p(\%) = \frac{P_p}{P} \cdot 100 = \frac{12,315}{2303,5} \cdot 100 = 0,535\%$$

### 1.1.6. Intensidad de cortocircuito

Para calcular la intensidad de cortocircuito en la línea, la empresa suministradora FECSA-ENDESA nos ha suministrado la potencia de cortocircuito en el entronque cuyo valor es de 500 MVA.

Para calcular la corriente de cortocircuito se realizara con la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (1.11)$$

Siendo:

$I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito (kA)

$S_{cc}$ : Potencia de cortocircuito (MVA)

$U_n$ : Tension nominal de la linea (kV)

Su valor es de:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 25} = 11,54 \text{ kA}$$

### 1.1.7. Toma de tierra

Se realizara la toma de tierra de los apoyos siguiendo las características mencionadas en el apartado del capítulo 2 de tomas de tierra.

Se realizara como menciona el capítulo una configuración cuadrada de 3x3 m con 4 picas según configuración UNESA y las características de la configuración y del dimensionado de la puesta a tierra son las siguientes:

- Código de la configuración: 30-30/5/42
- Sección de 50 mm<sup>2</sup> de cobre
- Diámetro de las picas de 14 mm
- Longitud de la pica de 2 metros
- Profundidad de enterrado de 0,5 metros
- Resistividad del terreno ( $\sigma$ ) de 150  $\Omega \cdot m$
- Tiempo de eliminación del defecto de 0,65 segundos
- Características de la configuración:
  - Resistencia  $K_r$ : 0,110  $\Omega / (\Omega \cdot m)$

- Tensión de paso  $K_p$ : 0,0258 V/( $\Omega \cdot m \cdot A$ )
- Tensión de contacto  $K_{p \text{ acceso}}$ : 0,0563 V/( $\Omega \cdot m \cdot A$ )
- Resistencia de puesta a tierra inferior a 20 $\Omega$
- La línea de distribución es con el neutro conectado a tierra según:
  - $R_n$ : 0  $\Omega$
  - $X_n$ : 25  $\Omega$

Para calcular la resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot \sigma \quad (1.12)$$

Siendo:

$R_t$ : Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$K_r$ : Valor de la resistencia según configuración UNESA (expresado anteriormente)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

Su valor es el siguiente:

$$R_t = 0,110 \cdot 150 = 16,5 \Omega$$

Se puede observar que la resistencia es inferior a 20 $\Omega$ .

Para calcular la intensidad de defecto,  $I_d$ :

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (1.13)$$

Siendo:

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

$U$ : Tensión (V)

$R_n$  y  $X_n$ : Valor de la resistencia e impedancia de la puesta a tierra del neutro expresado anteriormente)

$R_t$ : Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )

Obteniendo el siguiente valor:

$$I_d = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 16,5)^2 + 25^2}} = 481,86 \text{ A}$$

Se calculara la tensión de paso mediante la siguiente expresión:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_d \quad (1.14)$$

Siendo:

$U_p$ : Tensión de paso en el exterior de la instalación (V)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

Obteniendo el siguiente valor:

$$U_p = 0,0258 \cdot 150 \cdot 481,86 = 18641,81 \text{ V}$$

La tensión de contacto máxima responde a:

$$U_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \sigma}{1000}\right) \quad (1.15)$$

Siendo:

$U_c$ : Tensión máxima de contacto (V)

K: 72

n: 1

t: Duración de la falta (s)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

Y la tensión de paso máxima:

$$U_p = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1000}\right) \quad (1.16)$$



Siendo:

$U_c$  y  $U_p$  : Tensiones máxima de paso y contacto (V)

K: 72

n: 1

t: Duración de la falta (s)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

De las expresiones anteriores obtenemos los siguientes resultados:

Tensiones máximas aplicadas (V)	
$U_{ca}$	135,69
$U_p$ (exterior)	2104,62

**Tabla 1.3** - Resultado de las tensiones máximas aplicadas

Comprobamos que la tensión de paso calculada es inferior a la tensión de paso máxima:

Comprobación de las tensiones aplicadas (V)	
$U_p$	$U_{p \max}$
1864,81	2104,62

**Tabla 1.4** - Comprobación de las tensiones aplicadas

## 1.2. Cálculos mecánicos de la línea aérea de MT

Idénticamente a los cálculos eléctricos, se seguirán los protocolos de cálculo de la compañía suministradora expuestos en el documento ADZ00100 de la misma, así como las directrices del RLAT.

### 1.2.1. Peso del conductor por efecto de la presión del viento

Para poder calcular el peso del conductor debemos tener en cuenta lo siguiente:

- La línea discurre en Zona A debido a que la línea está instalada en una zona inferior a 500m de altitud respecto al nivel del mar
- Al discurrir la línea por la Zona A, la presión del viento será de 120 km/h (60 kg/m<sup>2</sup> para conductores de sección inferior a 16mm<sup>2</sup>)

Para calcular el peso del conductor con sobrecarga del viento se aplicaran las siguientes expresiones:

$$P_{sv} = p_v \cdot d \quad (1.17)$$

$$P_T = \sqrt{P_{sv}^2 + P^2} \quad (1.18)$$

Siendo:

$P_{sv}$ : Peso con sobrecarga de viento (kg/m)

$P_v$ : Presión del viento (kg/m<sup>2</sup>)

$d$ : Diámetro del conductor (m)

$P$ : Peso característico del conductor (kg/m)

$P_T$ : Peso total del conductor con sobrecarga de viento (kg/m)

Utilizando las expresiones 1.17 y 1.18:

$$P_{sv} = p_v \cdot d = 60 \cdot 9,45 \cdot 10^{-3} = 0,567 \text{ kg/m}$$

$$P_T = \sqrt{P_{sv}^2 + P^2} = \sqrt{0,567^2 + (189,1 \cdot 10^{-3})^2} = 0,598 \text{ kg/m}$$

### 1.2.2. Cálculo del tense. Ecuación del cambio de condiciones

Partiendo de una situación inicial, con un tense inicial ( $T_1$ ), se puede obtener un tense final ( $T_2$ ) en otras condiciones diferentes a las iniciales.

Esto se realiza mediante la ecuación del cambio de condiciones, a partir de la cual, calcularemos las condiciones de tenses y flechas máximas que fija la normativa. Se tendrán en cuenta las hipótesis a considerar, los coeficientes de seguridad del conductor, así como la tensión inicial del conductor según los fenómenos vibratorios.

Para aplicar la ecuación del cambio de condiciones se aplican las siguientes expresiones:

$$T_2^2 \cdot (T_2 + A) = B \quad (1.19)$$

$$A = \frac{s \cdot E \cdot a^2 \cdot p_1^2}{24 \cdot T_1^2} - T_1 - \alpha \cdot s \cdot E \cdot (t_1 - t_2) \quad (1.20)$$

$$B = \frac{s \cdot E \cdot a^2 \cdot p_2^2}{24} \quad (1.21)$$

Siendo:

$T_1$ : Tensión inicial (kg)

$T_2$ : Tensión final después del cambio de condiciones (kg)

$t_1$ : Temperatura inicial (°C)

$t_2$ : Temperatura final (°C)

$p_1$ : Peso inicial del conductor (kg/m)

$p_2$ : Peso final del conductor (kg/m)

$a$ : Longitud del vano (m)

$s$ : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$E$ : Módulo de elasticidad (kg/mm<sup>2</sup>)

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal del conductor (°C<sup>-1</sup>)

Para calcular el coeficiente de seguridad del cable se empleara la siguiente expresión:

$$CS = \frac{T_r}{T_{max}} \quad (1.22)$$

Siendo:

$CS$ : Coeficiente de seguridad del conductor

$T_r$ : Tensión de rotura del conductor (kg)

$T_{max}$ : Tensión máxima en las nuevas condiciones (kg)

Antes de proceder al cálculo del tense a diferentes temperaturas debemos tener en cuenta lo siguiente:

- El coeficiente de seguridad de los conductores a su rotura no será inferior a 3
- La tensión de trabajo de los conductores a 15°C, sin considerar sobrecargas, sea la de los fenómenos vibratorios que según RLAT está estipulado en que no sea superior al 15% de la carga de rotura del conductor si no se instalan protecciones contra los fenómenos vibratorios

- Las hipótesis a calcular en Zona A para tenses máximos son las de la siguiente tabla:

Condición	Zona A	
	Sobrecarga	°C
Máxima tensión	Viento de:	-5
	- 60 kg/m <sup>2</sup> si $\varnothing \leq 16$ mm	
	- 50 kg/m <sup>2</sup> si $\varnothing \geq 16$ mm	

**Tabla 1.5** - Hipótesis de cálculo para tense máximo

Aplicando las expresiones anteriores, el cálculo de los tenses en las condiciones de cada hipótesis quedan recogidas en las siguientes tablas:

Hipótesis -5°C con sobrecarga viento					
Tramo apoyos	Vano (m)	A	B	T <sub>2</sub> (kg)	CS
1-2	110	-291,17	79656526,63	552,3	3,02
2-3	120	-266,90	94797849,87	540	3,09
3-4	120	-266,90	94797849,87	540	3,09
4-5	120	-266,90	94797849,87	540	3,09
5-6	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
6-7	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
7-8	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
8-9	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
9-10	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
10-11	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
11-12	107	-298,04	75370873,83	555,8	3,00
12-13	108	-295,77	76786258,39	554,6	3,00
T <sub>2</sub> máxima				555,8	

**Tabla 1.6** - Cálculo tense máximo hipótesis -5°C con sobrecarga viento

Hipótesis 15°C con sobrecarga viento					
Tramo apoyos	Vano (m)	A	B	T <sub>2</sub> (kg)	CS
1-2	110	-122,23	79656526,63	475,1	3,51
2-3	120	-97,96	94797849,87	465,5	3,58
3-4	120	-97,96	94797849,87	465,5	3,58
4-5	120	-97,96	94797849,87	465,5	3,58
5-6	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
6-7	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
7-8	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
8-9	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
9-10	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
10-11	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
11-12	107	-129,10	75370873,83	477,8	3,49
12-13	108	-126,83	76786258,39	476,9	3,49
T <sub>2</sub> máxima				<b>477,8</b>	

**Tabla 1.7** Cálculo tense máximo hipótesis 15°C con sobrecarga viento

Hipótesis 50°C sin sobrecargas					
Tramo apoyos	Vano (m)	A	B	T <sub>2</sub> (kg)	CS
1-2	110	173,42	7973240,20	379,5	4,39
2-3	120	197,69	9488814,79	373,4	4,46
3-4	120	197,69	9488814,79	373,4	4,46
4-5	120	197,69	9488814,79	373,4	4,46
5-6	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
6-7	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
7-8	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
8-9	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
9-10	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
10-11	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
11-12	107	166,56	7544266,70	381,3	4,37
12-13	108	168,82	7685939,98	380,7	4,38
T <sub>2</sub> máxima				<b>381,3</b>	

**Tabla 1.8** - Cálculo tense máximo hipótesis 50°C sin sobrecargas

### 1.2.3. Cálculo de la flecha máxima

Para calcular la flecha de cada vano emplearemos la siguiente expresión:

$$f = \frac{a^2 \cdot p}{8 \cdot T} \quad (1.23)$$

Siendo:

f: Flecha del conductor en un vano (m)

a: Vano (m)

p: Peso del conductor con o sin sobrecarga (kg/m)

T: Tensión total del conductor (kg)

Antes de proceder al cálculo de la flecha máxima debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Las hipótesis a calcular en Zona A para flechas máximas son las de la siguiente tabla:

Condición	Zona A	
	Sobrecarga	°C
Máxima flecha	Viento de:	
	- 60 kg/m <sup>2</sup> si $\phi \leq 16$ mm	+15
	- 50 kg/m <sup>2</sup> si $\phi \geq 16$ mm	
	Ninguna	50

**Tabla 1.9** - Hipótesis de cálculo para flecha máxima

El cálculo de las flechas en cada vano según cada hipótesis queda reflejado en la siguiente tabla:

Cálculo de flechas para cada hipótesis							
Tramo apoyos	Vano (m)	-5°C + Viento		15°C + Viento		50°C	
		T <sub>2</sub> (kg)	f (m)	T <sub>2</sub> (kg)	f (m)	T <sub>2</sub> (kg)	f (m)
1-2	110	552,3	1,64	475,1	1,90	379,5	0,75
2-3	120	540	1,99	465,5	2,31	373,4	0,91
3-4	120	540	1,99	465,5	2,31	373,4	0,91
4-5	120	540	1,99	465,5	2,31	373,4	0,91
5-6	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
6-7	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
7-8	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
8-9	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
9-10	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
10-11	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
11-12	107	555,8	1,54	477,8	1,79	381,3	0,71
12-13	108	554,6	1,57	476,9	1,83	380,7	0,72
Flecha máxima			1,99		2,31		0,91

**Tabla 1.10** - Cálculo de la flecha máxima para cada hipótesis

#### 1.2.4. Cálculo de los esfuerzos de los apoyos

Antes de proceder al cálculo de los esfuerzos de los apoyos, deberemos tener en cuenta lo siguiente:

- Para el cálculo de los esfuerzos mecánicos de los apoyos se efectuaran teniendo en cuenta las siguientes hipótesis
  - 1ª Hipótesis: Esfuerzo debido a la acción del viento sobre los conductores (viento)
  - 2ª Hipótesis: Esfuerzo debido a la acción del hielo sobre los conductores (en el caso de este proyecto al ser Zona A no se efectuara esta hipótesis)
  - 3ª Hipótesis: Esfuerzo debido a la tracción de los conductores (desequilibrio de tracciones)
  - 4ª Hipótesis Cargas permanentes debidas al peso propio de los apoyos, herrajes, aisladores, conductores y aparatos, añadiendo el peso de un operario subido en la semicruceta (rotura de conductores)

No obstante el RLAT nos permite ahorrarnos el cálculo de la 4 hipótesis si se cumplen ciertos requisitos, pero no se tendrá en cuenta y se efectuara el cálculo de dicha hipótesis debido a los efectos climáticos observados en un corto espacio de tiempo en la península que han afectado a caídas de apoyos de líneas eléctricas, así que para asegurar la fiabilidad de la instalación aérea se efectuara el cálculo de dicha hipótesis aunque el apoyo quede muy sobredimensionado.

Una vez realizado el cálculo de los esfuerzos de los apoyos, se seleccionaran los apoyos teniendo en cuenta los esfuerzos que pueden aguantar según la tabla siguiente:

Esfuerzo Nominal daN	Carga de trabajo mas sobrecarga			Cota d (m)	Coef. de Seg. W	Carga límite especificado			Duración (s)
	(daN)					Carga de ensayo (daN)			
	V	L ó F	T			V(1)	L ó F (2)	T(3)	
500	600 600	500	500	1,50	1,50 1,20	900 720	750+W	600	60
1000	600 600	1000	700	1,50	1,50 1,20	900 720	1500+W	8440	
2000	600 600	2000	1400	1,50	1,50 1,20	900 720	3000+W	1680	
3000	800 800	3000	1400	1,50	1,50 1,20	1200 960	4500+W	1680	
4500	800 800	4500	1400	1,50	1,50 1,20	1200 960	6750+W	1680	
7000	1200 1200	7000	2500	1,50	1,50 1,20	1800 1440	10500+W	3000	
9000	1200 1200	9000	2500	1,50	1,50 1,20	1800 1440	135000+W	3000	

(1) La carga vertical, V, se aplica en el eje del apoyo

(2) La carga L ó F se aplica horizontalmente, sobre el extremo superior de la cabeza

A la carga de ensayo L ó F, se le deberá añadir, aplicado en varios tramos del apoyo, el esfuerzo resultante de la presión ejercida por el viento sobre el apoyo, multiplicado por el coeficiente de seguridad W.

(3) La carga T se aplica horizontalmente, en el extremo inferior de la cabeza y a una distancia d del eje del apoyo

**Tabla 1.11** - Esfuerzos de cada tipo de apoyo

En la línea a instalar, constara de los siguientes tipos de apoyos:

- Apoyos de alineación
- Apoyos de anclaje
- Apoyos de fin de línea

A continuación se procederá a mencionar las expresiones a utilizar para calcular todos los esfuerzos de los apoyos según el tipo que sean (las expresiones siguientes dan como resultado kg y para elegir apoyos deberemos pasar esa unidad a daN sabiendo que 1 kg = 0,981 daN):

#### **Apoyo de alineación:**

##### **1ª Hipótesis:**

Se realizara teniendo en cuenta las condiciones de la hipótesis a -5°C con sobrecarga de viento.

El esfuerzo nominal ( $F_v$ ) que deberá soportar el apoyo en sentido transversal de la línea (esfuerzo principal del apoyo) será:



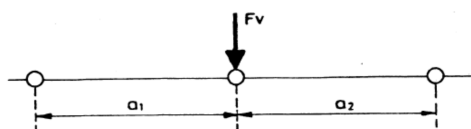


Figura 1.2 - Esfuerzo nominal FV

$$F_V = 0,001 \cdot n \cdot p_v \cdot d \cdot a_e \quad (1.24)$$

Siendo:

$F_V$ : Esfuerzo nominal que soporta el apoyo en sentido transversal a la línea (kg)

$n$ : Número de conductores

$p_v$ : Presión del viento sobre el conductor ( $\text{kg/m}^2$ )

$d$ : Diámetro del conductor (mm)

$a_e$ : Eolovano (semisuma de los vanos concurrentes al apoyo) (m)

### 3ª Hipótesis:

Se realizara teniendo en cuenta las mismas condiciones que en la 1ª hipótesis.

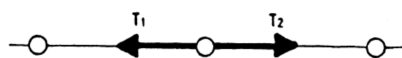


Figura 1.3 - Esfuerzo longitudinal FL

$$F_L = \frac{8}{100} \cdot n \cdot T \quad (1.25)$$

Siendo:

$F_L$ : Esfuerzo longitudinal (kg)

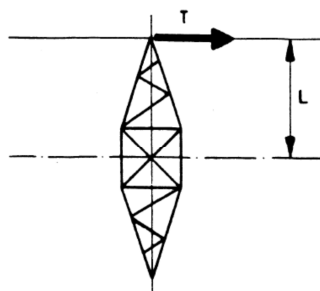
$n$ : Numero de conductores

$T$ : El mayor tense (kg) de los conductores que concurren en el apoyo (-5°C + viento)

### 4ª Hipótesis:

Se realizara teniendo en cuenta las mismas condiciones que en la 1ª y 3ª hipótesis.

Se considera el momento de torsión ( $M_t$ ) correspondiente a la rotura del conductor en la posición más desfavorable.

Figura 1.4 - Momento de torsión  $M_t$ 

$$M_t = T \cdot L \quad (1.26)$$

Siendo:

$M_t$ : Momento de torsión correspondiente a la rotura del conductor en la posición más desfavorable (kg·m)

T: Tensión máxima del conductor según la zona (kg)

L: Distancia del punto de aplicación del esfuerzo al eje del apoyo (m)

Una vez expuesta la metodología de cálculo de los apoyos, según las expresiones de la 1.24 a la 1.26, los esfuerzos de los apoyos de alineación son los siguientes:

Esfuerzos de los apoyos de alineación								
Apoyo	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	1ª Hipótesis		3ª Hipótesis		4ª Hipótesis	
			$F_v$ (kg)	$F_v$ (daN)	$F_L$ (kg)	$F_L$ (daN)	$M_t$ (kg)	$M_t$ (daN)
2	110	120	195,62	191,90	133,39	130,86	972,65	954,17
3	120	120	204,12	200,24	133,39	130,86	972,65	954,17
4	120	120	204,12	200,24	133,39	130,86	972,65	954,17
5	120	107	193,06	189,40	133,39	130,86	972,65	954,17
6	107	107	182,01	178,55	133,39	130,86	972,65	954,17
8	107	107	182,01	178,55	133,39	130,86	972,65	954,17
9	107	107	182,01	178,55	133,39	130,86	972,65	954,17
10	107	107	182,01	178,55	133,39	130,86	972,65	954,17
11	107	107	182,01	178,55	133,39	130,86	972,65	954,17
12	107	108	182,86	179,38	133,39	130,86	972,65	954,17

Tabla 1.12 - Esfuerzos de los apoyos de alineación

### Apoyo de anclaje:

Según la normativa de compañía (FECSA-ENDESA) y el RLAT se deben instalar apoyos de anclaje cada 3 km, pero debido a que la línea en proyección consta de 1,4 km instalaremos un

apoyo de anclaje en el centro de la línea para poder disponer de un punto fuerte de sustentación de la línea aérea.

#### 1ª Hipótesis:

Esta hipótesis se calcula de manera idéntica que en el caso de la 1ª hipótesis de los apoyos de alineación.

#### 3ª Hipótesis:

Esta hipótesis también se calcula de manera idéntica que en el caso de la 3ª hipótesis de los apoyos de alineación, pero en vez de considerar el 8% del tense, se considera un 50%, es decir:

$$F_L = \frac{50}{100} \cdot n \cdot T \quad (1.27)$$

Siendo:

$F_L$ : Esfuerzo longitudinal (kg)

$n$ : Numero de conductores

$T$ : El mayor tense (kg) de los conductores que concurren en el apoyo (-5°C + viento)

#### 4ª Hipótesis:

Esta hipótesis se calcula de manera idéntica que en el caso de la 4ª hipótesis de los apoyos de alineación.

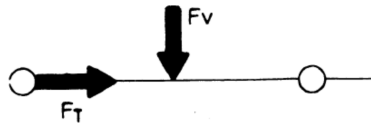
Una vez expuesta la metodología de cálculo del apoyo, según las expresiones mencionadas, los esfuerzos del apoyo de anclaje son los siguientes:

Esfuerzos del apoyo de anclaje								
Apoyo	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	1ª Hipótesis		3ª Hipótesis		4ª Hipótesis	
			$F_v$ (kg)	$F_v$ (daN)	$F_L$ (kg)	$F_L$ (daN)	$M_t$ (kg)	$M_t$ (daN)
7	107	107	182,01	178,55	833,70	817,86	972,65	954,17

**Tabla 1.13 - Esfuerzos del apoyo de anclaje**

**Apoyo de fin de línea:**

En este tipo de apoyo se prescinde de la 3ª hipótesis debido a que se contempla en la 1ª hipótesis para calcular el esfuerzo útil mínimo ya que es un principio o final de línea.

**1ª Hipótesis:**

**Figura 1.5 - Esfuerzo nominal  $F$**

El esfuerzo útil mínimo se determinará, en función del tense máximo a  $-5^{\circ}\text{C}$  más la sobrecarga debida a la presión del viento en el semivano  $F_v$ , además de calcular el desequilibrio de tracciones según Reglamento  $F_T$ :

$$F = \sqrt{F_T^2 + F_v^2} \quad (1.28)$$

Donde:

$$F_v = 0,001 \cdot n \cdot p_v \cdot d \cdot a_1 \quad (1.29)$$

$$F_T = n \cdot T \quad (1.30)$$

Siendo:

$F$ : Esfuerzo útil mínimo (kg)

$n$ : Número de conductores

$p_v$ : Presión del viento sobre el conductor ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$d$ : Diámetro del conductor (mm)

$a_1$ : Semivano concurrente al apoyo (m)

$T$ : Tense máximo según zona (kg)

4ª Hipótesis:

Se realizara teniendo en cuenta las condiciones de la hipótesis a -5°C con sobrecarga de viento.

Se tiene en cuenta el tiro horizontal de los conductores sometidos a la tracción mencionada anteriormente, al igual que en los apoyos de alineación y anclaje, el momento de torsión ( $M_t$ ) correspondiente a la rotura del conductor en la posición más desfavorable, y teniendo en cuenta que el montaje es en tresbolillo de simple circuito, el momento de torsión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_t = 2 \cdot T \cdot L \quad (1.31)$$

Siendo:

$M_t$ : Momento de torsión correspondiente a la rotura del conductor en la posición más desfavorable (kg·m)

T: Tensión máxima del conductor según la zona (kg)

L: Distancia del punto de aplicación del esfuerzo al eje del apoyo (m)

Una vez expuesta la metodología de cálculo de los apoyos, según las expresiones de la 1.28 a la 1.31, los esfuerzos de los apoyos de fin de línea son los siguientes:

Esfuerzos de los apoyos de fin de línea						
Apoyo	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	1ª Hipótesis		4ª Hipótesis	
			F (kg)	F (daN)	$M_t$ (kg)	$M_t$ (daN)
1	-	110	1677,87	1645,99	1945,30	1908,34
13	108	-	1677,49	1645,62	1945,30	1908,34

**Tabla 1.14** - Esfuerzos de los apoyos de fin de línea

Una vez calculados todos los esfuerzos de los apoyos procederemos a elegir el tipo de apoyo a instalar que se realizara según los esfuerzos nominales que resisten los apoyos de la tabla 1.11.

Los apoyos adoptados se recogen en la tabla siguiente:

Apoyo	Tipo	Apoyo adoptado
1	Fin de línea	C-7000
2	Alineación	C-2000
3	Alineación	C-2000
4	Alineación	C-2000
5	Alineación	C-2000
6	Alineación	C-2000
7	Anclaje	C-2000
8	Alineación	C-2000
9	Alineación	C-2000
10	Alineación	C-2000
11	Alineación	C-2000
12	Alineación	C-2000
13	Fin de línea	C-7000

**Tabla 1.15** - Elección de los apoyos según los esfuerzos calculados

### 1.2.5. Cálculo de las distancias de seguridad

Previamente al cálculo de las distancias de seguridad, deberemos conocer la tensión más elevada de la línea que según el RLAT es la siguiente:

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED ( $U_n$ ) kV	TENSIÓN MAS ELEVADA DE LA RED ( $U_s$ ) KV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20*	24
25	30
30	36
45	52
66*	72,5
110	123
132*	145
150	170
220*	245
400*	420

**Tabla 16** - Tensiones nominales y tensiones más elevadas de las redes de alta tensión

Para calcular las distancias de seguridad, el RLAT nos especifica en una tabla, 2 parámetros a utilizar que dependen de la tensión más elevada de la línea, dichas distancias que nos menciona el RLAT en el apartado 5.2 son las siguientes:

- $D_{el}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.  $D_{el}$  puede ser tanto interna, cuando se

consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

- $D_{pp}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.  $D_{pp}$ : es una distancia interna.

NOTA: Las distancias internas son dadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones, mientras que las distancias externas son utilizadas para determinar las distancias de seguridad entre los conductores en tensión y los objetos debajo o en las proximidades de la línea.

Las distancias  $D_{el}$  y  $D_{pp}$  para la tensión más elevada de la línea que utilizaremos quedan recogidas en la siguiente tabla:

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

**Tabla 1.17** - Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas según la tensión más elevada

Las distancias a calcular en el presente proyecto son las siguientes:

- Distancias entre conductores
- Distancias entre conductores y partes puestas a tierra
- Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables
- Distancias en cruzamientos con carreteras locales o vecinales
- Distancias a bosques, árboles y masas de arbolado

A efecto del cálculo de las distancias, interviene la longitud de la cadena de aisladores (en nuestro caso 555mm según se mostró en el apartado x.x.x de la memoria). Cabe remarcar que

en la línea se utilizan cadenas de aisladores en suspensión y de amarre, por ello, en el cálculo de las distancias donde intervenga el dato de la cadena de aisladores, se calculara tanto para cuando esta la cadena en suspensión como en amarre.

### **Distancias entre conductores**

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos diferentes debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinara mediante la siguiente expresión:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp} \quad (1.32)$$

Siendo:

D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito (m)

K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento

K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea (K'=0,85 para líneas de categoría especial y K'=0,75 para el resto de líneas)

F: Flecha máxima (m)

L: Longitud de la cadena de aisladores (m)

D<sub>pp</sub>: Distancia descrita al principio del apartado

Para el cálculo del coeficiente K, necesitaremos saber el ángulo de oscilación de los conductores que se determina mediante:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\text{Sobrecarga viento}}{\text{Peso del conductor por metro}} \right) \quad (1.33)$$

Una vez obtenido el ángulo, se escoge el valor de K según la tabla siguiente:

Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

**Tabla 1.18** - Determinación del coeficiente K en función del ángulo de oscilación



Una vez descrita la metodología de cálculo, calcularemos el ángulo de oscilación de los conductores mediante la expresión 1.33:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\text{Sobrecarga viento}}{\text{Peso del conductor por metro}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{0,567}{0,1891} \right) = 71,55^\circ$$

Una vez determinado el ángulo de oscilación de los conductores según la tabla 1.18 para dicho valor de ángulo de oscilación y tensión nominal de la línea de 25 kV obtenemos un valor de K de **0,65**.

Y a continuación aplicando la expresión 1.32, teniendo en cuenta si la cadena de aisladores es de suspensión o de amarre, obtenemos los siguientes valores:

Cadena de amarre:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp} = 0,65 \cdot \sqrt{2,31 + 0} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,24 \text{ m}$$

Cadena de suspensión:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp} = 0,65 \cdot \sqrt{2,31 + 0,555} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,35 \text{ m}$$

Una vez calculada la distancia entre conductores según el apoyo sea de amarre o suspensión se puede observar que los valores obtenidos son inferiores a las distancias reales existentes entre conductores según la cruceta utilizada en el apoyo.

### **Distancias entre conductores y partes puestas a tierra**

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a  $D_{el}$ , con un mínimo de 0,2m.

En nuestro caso  $D_{el}$  es de 0,27m.

Análogamente al caso anterior, debido a la cruceta utilizada esta distancia está garantizada.

**Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegable**

La altura de los apoyos (se calculara en el apartado 1.2.6 de este anexo) será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura calculadas anteriormente, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \quad (1.34)$$

Siendo:

$D_{el}$ : Distancia descrita al principio del apartado.

La distancia obtenida ha de ser con un mínimo de 6 metros. No obstante, en lugares de difícil acceso las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

La distancia mínima al terreno según la expresión 1.34 queda:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} = 5,3 + 0,27 = 5,57 \text{ m} \rightarrow \text{mínima } 6 \text{ m}$$

**Distancias en cruzamientos con carreteras locales o vecinales**

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} \quad (1.35)$$

Siendo:

$D_{add}$ :

- 7,5 para líneas de categoría especial
- 6,3 para líneas del resto de categorías

La distancia será con un mínimo de 7 metros.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera en el cruce de carreteras vecinales según la expresión 1.35 es de:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + 0,27 = 6,57 \text{ m} \rightarrow \text{mínima } 7 \text{ m}$$

### **Distancias a bosques, árboles y masas de arbolado**

En general, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre de vuelo como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados éstos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables, sin contemplar distancia alguna adicional.

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección según la siguiente expresión:

$$D_{add+D_{el}} = 1,5 + D_{el} \quad (1.36)$$

Con un mínimo de 2 metros.

Aplicando la expresión anterior, la distancia de servidumbre a cada lado de la línea eléctrica aérea es la siguiente:

$$D_{add+D_{el}} = 1,5 + D_{el} = 1,5 + 0,27 = 1,77 \text{ m} \rightarrow \text{mínima } 2 \text{ m}$$

#### **1.2.6. Cálculo de la altura de los apoyos**

Para el cálculo de la altura de los apoyos se realizara por cada tipo de apoyo, ya sea C-2000 o C-7000, y dentro de cada tipo de apoyo se generalizara la altura del apoyo para simplificar el número de cálculos debido a si son apoyos con cadena de suspensión, cadena de amarre, etc.

También según compañía suministradora se aumentara la distancia debido a los fenómenos de fluencia del conductor, errores de imprecisión en el levantamiento topográfico, posibles inexactitudes en el regulado y la medición de flechas, así como los errores que se hayan podido producir en el plano. Las cantidades en las que se debe aumentar la altura reglamentaria está definida según la longitud del vano, dichas distancias quedan recogidas en la siguiente tabla:

Incremento de altura en metros								
Vano (m)	50	100	150	200	250	300	350	400
Incremento (m)	0,25	0,50	0,6	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10

**Tabla 1.19** - Incremento de altura de los apoyos según el vano

Expuesto lo anterior, la altura total del apoyo (H) sera:

$$H = a_r + d + f_{max} + e + \Delta h + L_{cad} \quad (1.37)$$

Siendo:

H: Altura total del apoyo (m)

$a_r$ : Altura total del armado (m)

d: Distancia mínima al terreno (m)

f: Flecha máxima (m)

e: Empotramiento del apoyo (m)

$\Delta h$ : Incremento de alturas por inexactitudes (m)

$L_{cad}$ : Longitud de la cadena de aisladores (m)

Según normativa las alturas de los apoyos normalizadas se recogen en la siguiente tabla:

Esfuerzo nominal daN	Alturas totales M
$\leq 4500$	12-14-16-18-20-22
$\geq 7000$	12-14-16-18-20-22-24-26

**Tabla 1.20** - Alturas totales de los apoyos según normativa

Para calcular las alturas de los apoyos necesitamos saber el empotramiento del mismo, y dicho empotramiento viene especificado para cada tipo de apoyo, ya sea C-2000 o C-7000.

Las alturas de empotramiento del apoyo las obtenemos según el fabricante *ANDEL, S.A* que sus apoyos estan dimensionados según las especificaciones de la compañía suministradora.

Las alturas de empotramiento vienen recogidas en las siguientes tablas:

Para el caso de apoyos C-2000:

ALTURA (m)	LADO a (m)	TIPO DE TERRENO					
		K=8		K=12		K=16	
		h(m)	V(m <sup>3</sup> )	h(m)	V(m <sup>3</sup> )	h(m)	V(m <sup>3</sup> )
10	0.90	2.20	1.78	2.00	1.62	1.90	1.54
12	0.95	2.30	2.07	2.10	1.90	1.95	1.76
14	1.02	2.35	2.44	2.15	2.24	2.00	2.08
16	1.10	2.40	2.90	2.15	2.60	2.05	2.48
18	1.15	2.45	3.24	2.20	2.91	2.10	2.78
20	1.25	2.45	3.83	2.20	3.44	2.15	3.36
22	1.30	2.50	4.23	2.25	3.80	2.20	3.72
24	1.40	2.55	5.00	2.30	4.50	2.20	4.31
26	1.50	2.60	5.85	2.35	5.29	2.20	4.95
28	1.55	2.65	6.36	2.35	5.65	2.25	5.40
30	1.62	2.65	6.95	2.40	6.30	2.25	5.90

K=8 Terreno flojo    K=12 Terreno normal    K=16 Terreno fuerte

**Tabla 1.21** - Dimensiones de las cimentaciones de los apoyos C-2000 según fabricante

Para el caso de apoyos C-7000:

ALTURA (m)	LADO a (m)	TIPO DE TERRENO					
		K=8		K=12		K=16	
		h(m)	V(m <sup>3</sup> )	h(m)	V(m <sup>3</sup> )	h(m)	V(m <sup>3</sup> )
12	1.35	2.95	5.37	2.70	4.92	2.50	4.55
14	1.50	3.00	6.75	2.75	6.19	2.55	5.74
16	1.70	3.00	8.67	2.75	7.95	2.55	7.34
18	1.85	3.05	10.43	2.75	9.41	2.55	8.72
20	2.00	3.05	12.20	2.80	11.20	2.60	10.40
22	2.20	3.05	14.76	2.80	13.55	2.60	12.58
24	2.40	3.05	17.57	2.80	16.12	2.60	14.98
26	2.55	3.05	19.83	2.80	18.20	2.65	17.23
28	2.70	3.05	22.23	2.80	20.41	2.65	19.32
30	2.90	3.05	25.65	2.80	23.54	2.70	22.70

K=8 Terreno flojo    K=12 Terreno normal    K=16 Terreno fuerte

**Tabla 1.22** - Dimensiones de las cimentaciones de los apoyos C-7000 según fabricante

Una vez expuestos todos los factores que intervienen en el cálculo de la altura de los apoyos, primeramente se calculara la altura de los apoyos sin tener en cuenta su cimentación y posteriormente de las tablas anteriores se escogerá una cimentación para cierta altura y posteriormente se recalculara la altura del apoyo para obtener la altura total del apoyo y comprobar que la altura seleccionada es la correcta.

Cabe remarcar que en el apartado siguiente de este anexo, se comprobara que la cimentación de los apoyos adoptados cumple con la normativa, si no cumple con la normativa se recalculara la altura de los apoyos.

Aplicando la expresión 1.37 para calcular la altura del apoyo, la altura sin tener en cuenta la cimentación son las siguientes:

NOTA: los vanos existentes en la línea aérea son del orden de 107 a 120 metros, por ello, de la tabla 1.19 se escogerá en las peores condiciones y nos iremos al valor de vano de 150 metros con un incremento de altura de 0,6 metros.

$$H = a_r + d + f_{max} + \Delta h + L_{cad} = 3 + 7 + 2,31 + 0,6 + 0,555 = 13,465 \text{ metros}$$

Teniendo en cuenta las tablas de cimentaciones 1.21 para el caso de los apoyos C-2000 y la tabla 1.22 para el caso de los apoyos C-7000, consideraremos las siguientes alturas de apoyos (teniendo en cuenta que tenemos un terreno de  $K=8$ ):

- C-2000: Altura de 16 metros, empotramiento de 2,40 metros
- C-7000: Altura de 18 metros, empotramiento de 3,05 metros

Finalmente la altura total de los apoyos es la siguiente:

C-2000:

$$H = a_r + d + f_{max} + \Delta h + L_{cad} + e = 3 + 7 + 2,31 + 0,6 + 0,555 + 2,40 = 15,865 \text{ metros}$$

C-7000:

$$H = a_r + d + f_{max} + \Delta h + L_{cad} + e = 3 + 7 + 2,31 + 0,6 + 0,555 + 3,05 = 16,515 \text{ metros}$$

De lo anterior según la tabla 1.20 de altura de apoyos normalizados escogemos las siguientes alturas:

- C-2000 → **16 metros**
- C-7000 → **18 metros**

### 1.2.7. Cálculo de las cimentaciones de los apoyos

Sobre el apoyo actúan fuerzas exteriores que tienden a volcarlo. Este momento de vuelco está contrarrestado por las fuerzas estabilizadoras que el terreno transmite al apoyo empotrado, originando un momento estabilizador.

La cimentación de los apoyos metálicos se realiza mediante un macizo de hormigón de forma prismática y sección cuadrada.

Los cálculos de los parámetros de la cimentación se realizan según el criterio SULZBERGER.

### **Momento de vuelco**

El *momento de vuelco*  $M_v$  aplicado al punto de giro del macizo viene dado por:

$$M_v = F \cdot (H_u + \frac{2}{3} \cdot h_e) \quad (1.38)$$

Siendo:

$M_v$ : Momento de vuelco (t·m)

F: Fuerza en la cogolla del apoyo (t)

$H_u$ : Altura útil del apoyo (altura del terreno a la cima del apoyo) (m)

$H_e$ : Profundidad de empotramiento (m)

### **Momento estabilizador**

El *momento estabilizador* es el resultado del momento estabilizador del terreno  $M_o$  y del momento estabilizador del bloque de hormigón que forma el empotramiento y las cargas verticales  $M_b$ . Viene dado por:

$$M_o = 0,139 \cdot K_T \cdot L \cdot h_e^4 + 0,88 \cdot L^3 \cdot h_e \quad (1.39)$$

$$M_b = 0,4 \cdot P_c \cdot L \quad (1.40)$$

Siendo:

$M_o$ : Momento estabilizador del terreno (t·m)

$M_b$ : Momento estabilizador del bloque de hormigón que forma el empotramiento y las cargas verticales (t·m)

$K_T$ : Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 metros en  $\text{kg/cm}^3$  ( $K_T=8 \text{ kg/cm}^3$  en nuestro caso)

L: Lado de la base de hormigón (m)

$P_c$ : Peso del apoyo y de la cimentación (t)

El momento de vuelco debe ser menor que el momento estabilizador total. Con un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5 (Según RLAT), se verifica:

$$\frac{M_o + M_b}{M_V} \geq 1,5 \quad (1.41)$$

Los datos que se necesitan para el cálculo de la cimentación del apoyo vienen determinados según las características del fabricante del apoyo y según el tipo de terreno.

Para determinar el tipo de terreno se utilizaran los datos mostrados en la siguiente tabla extraída de la ITC-07 del RLAT:

Naturaleza del terreno		Peso específico aparente Tn/m³	Ángulo de talud natural Grados sexag.	Carga admisible daN/cm²	Coeficiente de rozamiento entre cemento y terreno al arranque Grados sexag.	Coeficiente de compresibilidad a 2 m de profundidad daN/cm² (b)
I.	Rocas en buen estado:			30-60		
II.	Isótropas			10-20		
	Estratificadas (con algunas grietas)					
	Terrenos no coherentes:					
	a) Gravera arenosa (mínimo 1/3 de volumen de grava hasta 70 mm de tamaño)	1,80-1,90		4-8	20°-22°	
	b) Arenoso grueso (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm)	1,60-1,80	30°	2-4	20°-25°	8-20
	c) Arenoso fino (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm)	1,50-1,60		1,5-3		
III.	Terrenos no coherentes sueltos:					
	a) Gravera arenosa	1,70-1,80		3-5		
	b) Arenoso grueso	1,60-1,70	30°	2-3		
	c) Arenoso fino	1,40-1,50		1-1,5		8-12
IV.	Terrenos coherentes (a):					
	a) Arcilloso duro	1,80		4	20°-25°	10
	b) Arcilloso semiduro	1,80	20°	2	22°	6-8
	c) Arcilloso blando	1,50-2,00		1	14°-16°	4-5
	d) Arcilloso fluido	1,60-1,70		-	0°	2-3
V.	Fangos turbosos y terrenos pantanosos en general	0,60-1,1		(c)		(c)
VI.	Terrenos de relleno sin consolidar	1,40-1,60	30°-40°	(c)	14°-20°	(c)

- (a) Duro: Los terrenos con su humedad natural rompen difícilmente con la mano. Tonalidad en general clara.  
 Semiduro: Los terrenos con su humedad natural se amasan difícilmente con la mano. Tonalidad en general oscura.  
 Blando: Los terrenos con su humedad natural se amasan fácilmente, permitiendo obtener entre las manos cilindros de 3 mm de diámetro. Tonalidad oscura.  
 Fluido: Los terrenos con su humedad natural presionados en la mano cerrada fluyen entre los dedos. Tonalidad en general oscura.  
 (b) Puede admitirse que sea proporcional a la profundidad en que se considere la acción.  
 (c) Se determinará experimentalmente.

**Tabla 1.23 - Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones**

En nuestro caso nos encontramos un terreno arcilloso semiduro y utilizaremos los datos que se muestran en la anterior tabla.

Además de la tabla anterior, necesitaremos las tablas del apartado anterior, la 1.21 para el caso de apoyos C-2000 y la 1.22 para el caso de los C-7000, para las dimensiones de las cimentaciones, y a parte de dichas tablas, también necesitaremos las siguientes que corresponden a las dimensiones del apoyo con su peso, etc (tablas extraídas del catálogo del fabricante ANDEL, S.A):



C-2000:

ALTURA H (m)	BASE (mm)	PESO (Kg)	ALTURA AL SUELO $H_L$ (m)		
			TIPO TERRENO K ( $\text{Kg}/\text{cm}^3$ )		
			8	12	16
10	726	409	8.00	8.20	8.30
12	798	515	9.90	10.10	10.25
14	870	605	11.85	12.05	12.20
16	943	710	13.80	14.05	14.15
18	1015	835	15.75	16.00	16.10
20	1090	932	17.75	17.95	18.05
22	1160	1055	19.70	19.95	20.00
24	1232	1204	21.65	21.90	22.00
26	1305	1344	23.60	23.85	24.00
28	1378	1507	25.55	25.85	25.95
30	1450	1689	27.55	27.80	27.95

**Tabla 1.24** - Dimensiones de los apoyos C-2000 según fabricante

C-7000:

ALTURA H (m)	BASE (mm)	PESO (Kg)	ALTURA AL SUELO $H_L$ (m)		
			TIPO TERRENO K ( $\text{Kg}/\text{cm}^3$ )		
			8	12	16
12	1147	1050	9.25	9.50	9.70
14	1318	1260	11.20	11.45	11.65
16	1490	1405	13.20	13.45	13.65
18	1660	1670	15.15	15.45	15.65
20	1830	1920	17.15	17.40	17.60
22	2000	2250	19.15	19.40	19.60
24	2172	2380	21.15	21.40	21.60
26	2343	2690	23.15	23.40	23.55
28	2515	3050	25.15	25.40	25.55
30	2686	3350	27.15	27.40	27.50

**Tabla 1.25** - Dimensiones de los apoyos C-7000 según fabricante

Con todos los datos anteriores, utilizando las expresiones de la 1.38 a la 1.41, los resultados se exponen en la siguiente tabla:

CIMENTACIONES		
	C-2000	C-7000
Momento de vuelco (Mv) (t·m)	30,40	118,88
Momento estabilizador terreno(Mo) (t·m)	43,39	195,02
Momento estabilizador hormigón (Mb) (t·m)	2,61	15,13
Coeficiente seguridad	1,51	1,77

*Tabla 1.26 - Cálculo de las cimentaciones de los apoyos*

Con lo expuesto en la tabla anterior se puede observar que las cimentaciones de los apoyos cumplen lo expuesto en la normativa ya que el coeficiente de seguridad de la cimentación es superior a 1,5.

## CAPÍTULO 2: CÁLCULOS LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

Para realizar el cálculo de las líneas subterráneas de baja tensión se tendrá en cuenta lo dispuesto en la metodología de cálculo de la compañía suministradora y la UNE 20435.

### 2.1. Cálculo de la intensidad admisible del conductor según su instalación

Según las normas particulares de la compañía suministradora, la intensidad máxima admisible del conductor corresponderá a lo indicado en la siguiente tabla, cuyos valores quedan recogidos en la Norma UNE 20 435, con las siguientes características de instalación:

- Conductores enterrados a 1 metro
- Temperatura ambiente del terreno de 25 °C
- Resistividad térmica media de 1 K·m/W
- 3 cables unipolares en trébol

Los valores de la intensidad según lo indicado se recogen en la tabla siguiente:

Sección nominal de los conductores mm <sup>2</sup>	Instalación al aire	Instalación enterrada
	Cable aislado con XLPE	Cable aislado con XLPE
150	320	315
240	435	415
400	580	530
Temperatura máxima en el conductor: 90° C	- Temperatura del aire: 40° C - Una terna de cables unipolares en contacto mutuo. - Disposición que permita una eficaz renovación del aire.	- Temperatura del terreno: 25° C - 3 cables unipolares en trébol - Profundidad de instalación: 1 m - Resistividad térmica del terreno: 1 K·m/W

**Tabla 2.1** - Intensidades máximas de los conductores de aluminio

No obstante, se determinara la intensidad máxima de instalación en las peores condiciones existentes, que son las siguientes:

- Conductores enterrados a 1,50 metros
- Temperatura ambiente del terreno de 25°C
- Resistividad térmica media de 1 K·m/W
- Cable enterrado bajo tubo

Las condiciones de instalación difieren de las condiciones que nos facilitan la tabla 2.1, por lo tanto, se deberá aplicar factores de corrección para la distancia de enterrado a 1,50 metros y factor de conductor enterrado bajo tubo. Los factores de corrección son los siguientes:

Factor de corrección profundidades de enterramiento diferentes de 1 metro: Se aplicara el factor de corrección indicado en la siguiente tabla:

Profundidad de instalación (cm)	70	100	120	150	200
Coeficiente de corrección	1,03	1	0,98	0,96	0,94

**Tabla 2.2** - Factores de corrección según profundidad de instalación

Los conductores están enterrados a 1,50 metros, el factor de corrección para la distancia mencionada es de **0,96**.

Factor de corrección por cable entubado: Se aplicara el factor de corrección de **0,85** para una terna de cables unipolares instalados en el interior de un mismo tubo.

Con los factores de corrección calculados, la intensidad máxima admisible según la tabla 2.1 para un conductor de 240 mm<sup>2</sup> enterrado en las condiciones mencionadas es de:

$$I_{m\acute{a}x\ admisible} = 415 \cdot 0,96 \cdot 0,85 = 338,64\ A$$

## 2.2. Cálculo justificativo de la sección del conductor frente a intensidades de cortocircuito

Las intensidades de corriente de cortocircuito en kA, admisibles para diferentes tiempos de duración del cortocircuito se recogen en la tabla que se muestra a continuación. Estas intensidades corresponden a una temperatura máxima de 250°C alcanzada por el conductor, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso del cortocircuito es absorbido por el conductor.

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
150	44,6	31,5	25,8	19,9	18,2	22,6	11,5	10,0	8,9	8,1
240	71,3	50,4	41,2	31,9	29,1	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0
400	118,9	84,1	68,6	53,2	48,5	37,6	30,7	26,6	23,8	21,7

**Tabla 2.3** - Intensidades de cortocircuito según duración

El valor de la corriente de cortocircuito en la línea de media tensión se calculó en el capítulo 1 de este anexo para el tramo aéreo de media tensión, obteniendo una corriente de cortocircuito de 11,547 kA. Compañía suministradora indica que la duración del cortocircuito no debe sobrepasar los 0,2 s, por lo tanto, según tabla 2.3 el conductor a emplear de 240 mm<sup>2</sup> soporta una intensidad de cortocircuito de 50,4 kA, por lo tanto el conductor a emplear cumple con creces el parámetro de intensidades de cortocircuito.

## 2.3. Cálculo de la intensidad y nivel de saturación del conductor

Tal y como se calculó en la línea de media tensión aérea, la intensidad máxima que puede circular es de 62,58 A, valor muy inferior a la intensidad que puede transportar el cable calculado en el apartado 2.1 de este capítulo.

Se calculara el valor de la saturación del conductor subterráneo de media tensión según lo siguiente:

$$\text{Saturación (\%)} = \frac{I_{\text{Línea}}}{I_{\text{Máxima}}} \cdot 100 \quad (2.1)$$

Siendo:

$I_{\text{Línea}}$ : Intensidad que circula por el tramo de la línea (A)

$I_{\text{Máxima}}$ : Intensidad máxima que puede circular por el conductor (A)

Por lo tanto obtenemos:

$$\text{Saturación (\%)} = \frac{65,58}{338,64} \cdot 100 = 18,48 \%$$

Se comprueba que el cable escogido está sobredimensionado y puede transportar con facilidad la intensidad que ha de circular.

## 2.4. Cálculo de la caída de tensión en la línea subterránea de MT

Se deberá comprobar que la caída de tensión de la línea no supere lo establecido por la compañía suministradora que la fija en un 7%. Debemos tener en cuenta que en la línea de media tensión la caída de tensión como se mencionó en el capítulo 1 de este anexo es la suma de la caída de tensión de la parte aérea más la parte subterránea. Para ello se calculara la caída de tensión teniendo en cuenta el suministro de toda la potencia con la longitud total del tramo de media tensión subterránea.

El cálculo se realizara de la siguiente manera:

$$u = \frac{L \cdot P}{C \cdot S \cdot V_L} \quad (2.2)$$

Siendo:

$u$ : Caída de tensión de la línea (V)

$L$ : Longitud del tramo de la línea (m)

$P$ : Potencia transportada en el tramo de la línea (W)

$C$ : Conductividad del aluminio (m/ $\Omega\text{mm}^2$ )

$S$ : Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

$V_L$ : Tensión de la línea (V)

Y de manera porcentual:

$$u (\%) = \frac{u}{V_L} \cdot 100 \quad (2.3)$$

Siendo:

$u$ : Caída de tensión unitaria (V)

$V_L$ : Tensión de alimentación de la línea (V)

Teniendo en cuenta lo siguiente:

- El coeficiente de conductividad del aluminio es de  $35 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$
- La sección del conductor será uniforme de  $240 \text{ mm}^2$
- La tensión de alimentación de la línea será de  $25\,000 \text{ V}$
- La longitud es de  $3\,120 \text{ metros}$
- La potencia a transportar es de  $2\,303,5 \text{ kW}$

Aplicando las anteriores expresiones obtenemos los siguientes resultados:

$$u = \frac{L \cdot P}{C \cdot S \cdot V_L} = \frac{3120 \cdot 2303,5 \cdot 10^3}{35 \cdot 240 \cdot 25000} = 34,22 \text{ V}$$

$$u (\%) = \frac{u}{V_L} \cdot 100 = \frac{34,22}{25000} \cdot 100 = 0,136 \%$$

La caída de tensión en el tramo aéreo calculado en el capítulo 1 de este anexo es de  $130,24 \text{ V}$ , por lo tanto la caída tensión de toda la línea de media tensión es de:

$$u = 130,24 + 34,22 = 164,44 \text{ V}$$

$$u (\%) = \frac{u}{V_L} \cdot 100 = \frac{164,44}{25000} \cdot 100 = 0,658 \%$$

Con el valor calculado, se puede observar que la caída de tensión es muy inferior al valor impuesto por la compañía suministradora del 7%.





## CAPÍTULO 3: CÁLCULOS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Para realizar el dimensionado de los centros de transformación se realizara siguiendo la plantilla de cálculos de centros de transformación de la compañía suministradora.

En la urbanización se disponen de transformadores de las siguientes potencias:

- 250 kVA
- 400 kVA
- 630 kVA

Por ello se efectuaran los cálculos teniendo en cuenta que existen estas 3 potencias, según el transformador empleado.

### 3.1. Intensidad en el primario del transformador

Para calcular la intensidad en el primario del transformador se efectuara mediante la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (3.1)$$

Siendo:

$I_p$ : Intensidad en el primario del transformador (A)

$S$ : Potencia del transformador (kVA)

$U$ : Tensión en el primario del transformador (kV)

Las intensidades en el primario de cada transformador aplicando la expresión 3.1, se resumen en la siguiente tabla:

Intensidades en el primario		
Potencia del transformador (kVA)	U (kV)	$I_p$ (A)
250	25	5,77
400	25	9,24
630	25	14,55

**Tabla 3.1** - Intensidades en el primario de los transformadores

## 3.2. Intensidad en el secundario del transformador

Para calcular la intensidad en el secundario del transformador se efectuara mediante la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (3.2)$$

Siendo:

$I_s$ : Intensidad en el secundario del transformador (A)

$S$ : Potencia del transformador (kVA)

$W_{fe}$ : Perdidas en el hierro del transformador (kW)

$W_{cu}$ : Perdidas en los arrollamientos del transformador (kW)

$U$ : Tensión del secundario del transformador (kV)

Las intensidades en el secundario de cada transformador aplicando la expresión 3.2, se resumen en la siguiente tabla:

Intensidades en el primario				
Potencia del transformador (kVA)	$W_{fe}$ (kW)	$W_{cu}$ (kW)	U (kV)	$I_s$ (A)
250	0,65	3,5	0,4	354,85
400	0,93	4,9	0,4	568,94
630	1,3	6,5	0,4	898,07

**Tabla 3.2** - Intensidades en el secundario de los transformadores

### 3.3. Intensidad de cortocircuito

Para calcular las corrientes de cortocircuito se determinara a partir del dato de la potencia de cortocircuito en el entronque, que es de 500 MVA, dato facilitado por la compañía suministradora.

#### 3.3.1. Cortocircuito en el lado de alta tensión

Para determinar la intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión se aplicara la expresión que se empleó en el capítulo 1 de este anexo, que es la siguiente:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (3.3)$$

Siendo:

$I_{ccp}$ : Intensidad de cortocircuito en el primario del transformador (kA)

$S_{cc}$ : Potencia de cortocircuito de la red (MVA)

U: Tensión del primario del transformador (kV)

Aplicando la expresión 3.3, la corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión la siguiente:

$$I_{ccp} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 25} = 11,547 \text{ kA}$$

### 3.3.2. Cortocircuito en el lado de baja tensión

Para calcular la intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión se aplicara la siguiente expresión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s} \quad (3.4)$$

Siendo:

$I_{ccs}$ : Intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador (kA)

S: Potencia del transformador (kVA)

$U_{cc}$ : Tensión porcentual de cortocircuito del transformador (%)

$U_s$ : Tensión del secundario del transformador (V)

Las intensidades de cortocircuito en el lado de baja tensión de cada transformador aplicando la expresión 3.4 se resumen en la siguiente tabla:

Intensidades de cortocircuito en el lado de baja tensión			
Potencia del transformador (kVA)	$U_{cc}$ (%)	$U_s$ (V)	$I_{ccs}$ (kA)
250	4,5	400	8,02
400	4,5	400	12,83
630	4,5	400	20,21

**Tabla 3.3** - Intensidades de cortocircuito en el lado de baja tensión de los transformadores

## 3.4. Instalaciones de puesta a tierra

Las instalaciones de puesta a tierra se realizaran teniendo en cuenta lo dispuesto en el apartado 4.7 del capítulo 4 de la memoria.

### 3.4.1. Características del suelo

El terreno donde se instalara la urbanización y los correspondientes centros de transformación tiene una resistividad media del terreno de 150  $\Omega \cdot m$

### 3.4.2. *Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto*

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 0,65 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía suministradora son:

- K = 72
- n = 1

Por otro lado, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son los siguientes (valor también proporcionado por la compañía suministradora):

- $R_n = 0 \, \Omega$
- $X_n = 25 \, \Omega$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del centro de transformación sea nula.

Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_{d \text{ máx}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_n} \quad (3.5)$$

Siendo:

$I_{d \text{ máx}}$ : Intensidad máxima de defecto (A)

U: Tensión (V)

$Z_n$ : Impedancia de puesta a tierra del neutro ( $\Omega$ )

La impedancia de puesta a tierra del neutro  $Z_n$ , se calcula mediante la expresión siguiente:

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} \quad (3.6)$$

Aplicando las expresiones anteriores obtenemos:

$$|Z_n| = \sqrt{0^2 + 25^2} = 25 \, \Omega$$

$$I_{d \text{ máx}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 577,35 \, A$$

### 3.4.3. *Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra*

#### 3.4.3.1. *Tierra de protección*

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar se emplearan las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación que son las siguientes:

Para el tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Código de la configuración: 5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
  - Resistencia  $K_r = 0,104 \, \Omega/(\Omega \cdot m)$
  - $K_p = 0,0184 \, V/(\Omega \cdot m \cdot A)$
- Descripción:
  - Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de  $50 \, mm^2$  de sección
  - Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m
  - Las picas se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m
  - La separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m
  - Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 9 m
  - La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

### 3.4.3.2. Tierra de servicio

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como el de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características y la configuración de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección teniendo en cuenta, además, lo siguiente:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios
- Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión. Dicha separación se calculara en el apartado 3.4.8 de este capítulo

### 3.4.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

#### 3.4.4.1. Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación ( $R_t$ ), intensidad de defecto correspondiente ( $I_d$  y  $U_d$ ), utilizaremos las siguientes expresiones:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot \sigma \quad (3.7)$$

Siendo:

$R_t$ : Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$K_r$ : Valor de la resistencia según configuración UNESA (expresado anteriormente)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

- Intensidad de defecto,  $I_d$ :

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (3.8)$$

Siendo:

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

$U$ : Tensión (V)

$R_n$  y  $X_n$ : Valor de la resistencia e impedancia de la puesta a tierra del neutro expresado anteriormente)

$R_t$ : Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )

- Tensión de defecto,  $U_d$ :

$$U_d = I_d \cdot R_t \quad (3.9)$$

Siendo:

$U_d$ : Tensión de defecto (V)

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

$R_t$ : Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )

Aplicando las anteriores expresiones obtenemos los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tierra de protección	
<b><math>R_t</math> (<math>\Omega</math>)</b>	15,6
<b><math>I_d</math> (A)</b>	489,81
<b><math>U_d</math> (V)</b>	7 641,07

**Tabla 3.4** - Cálculo de los parámetros del tierra de protección

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada ( $U_d$ ), por lo que deberá ser como mínimo de 10000 V, valor escogido según las recomendaciones de UNESA.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de alta tensión deterioren los elementos de baja tensión del centro, y por ende no afecten a la red de baja tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.



#### 3.4.4.2. Tierra de servicio

En el caso del tierra de servicio se ha de comprobar que la resistencia del sistema de puesta a tierra sea inferior a  $37\Omega$ .

Como la configuración utilizada en el sistema de tierra de servicio es idéntico al sistema del tierra de protección, el cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra  $R_t$  tendrá el mismo valor que el calculado anteriormente, por lo tanto el valor será de  $15,6\ \Omega$  que es inferior a  $37\Omega$ .

#### 3.4.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_d \quad (3.10)$$

Siendo:

$U_p$ : Tensión de paso en el exterior de la instalación (V)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

Obteniendo el siguiente valor:

$$U_p = 0,0184 \cdot 150 \cdot 489,81 = 1\ 351,88\ V$$

### 3.4.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El suelo del centro de transformación estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro de transformación. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{p \text{ acceso}} = R_t \cdot I_d \quad (3.11)$$

Siendo:

$U_{p \text{ acceso}}$ : Tensión de paso de acceso (V)

$R_t$ : Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

Aplicando la anterior expresión, obtendremos el mismo valor que  $U_d$ , por lo tanto, el valor que obtendremos será de 7 641,07 V.

### 3.4.7. Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, es la siguiente:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} \quad (3.12)$$

Siendo:

$U_{ca}$ : Tensión máxima de contacto (V)

K: 72

n: 1

t: Duración de la falta (s)

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro de transformación, se emplearan las siguientes expresiones:

$$U_{p (exterior)} = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1000} \right) \quad (3.13)$$

$$U_{p (acceso)} = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \sigma + 3 \cdot \sigma_h}{1000} \right) \quad (3.14)$$

Siendo:

$U_p$  y  $U_{p \text{ acceso}}$ : Tensiones de paso (V)

K: 72

n: 1

t: Duración de la falta (s)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

$\sigma_h$ : Resistividad del hormigón = 3000  $\Omega \cdot m$

Los valores obtenidos aplicando las anteriores expresiones se recogen en la siguiente tabla:

Tensiones aplicadas (V)	
$U_{ca}$	110,77
$U_p \text{ (exterior)}$	2 104,62
$U_p \text{ (acceso)}$	11 575,38

**Tabla 3.5** - Resultados del cálculo de las tensiones aplicadas

A continuación se comprobaran que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles. La comprobación se puede observar en la siguiente tabla:

Comprobación de las tensiones aplicadas (V)			
En el exterior		En el acceso al CT	
$U_p$	$U_p$ (exterior)	$U_p$ acceso	$U_p$ (acceso)
1 351,88	2 104,62	7 641,07	11 575,38

**Tabla 3.6** - Comprobación de las tensiones aplicadas

#### 3.4.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior. Distancia de separación entre tierras

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima,  $D_{\min}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, dicha distancia se calcula mediante la expresión siguiente:

$$D_{\min} = \frac{\sigma \cdot I_d}{2000 \cdot \pi} \quad (3.15)$$

Siendo:

$D_{\min}$ : Distancia mínima de separación entre tierras (m)

$\sigma$ : Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

$I_d$ : Intensidad de defecto (A)

Aplicando la expresión anterior obtenemos el siguiente resultado:

$$D_{\min} = \frac{150 \cdot 489,81}{2000 \cdot \pi} = 11,69 \text{ m}$$

#### 3.4.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro de transformación, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

## **CAPÍTULO 4: CÁLCULOS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN**

Para realizar el cálculo de las líneas subterráneas de baja tensión se tendrá en cuenta lo dispuesto en el REBT y en la metodología de cálculo de la compañía suministradora.

### **4.1. Cálculo de la intensidad admisible del conductor según su instalación**

Según las normas particulares de la compañía suministradora, la intensidad máxima admisible del conductor corresponderá a lo indicado en la ITC-BT-07 del REBT y la UNE 21 144 y los coeficientes correctores los indicados en la norma UNE 20 435 con las siguientes condiciones:

- Conductores enterrados a 0,70 metros
- Temperatura ambiente del terreno de 25°C
- Resistividad térmica media de 1 K·m/W

Los valores de la intensidad según lo indicado se recogen en la tabla siguiente:

Sección de los conductores (mm <sup>2</sup> de Al)	Intensidad máxima admisible a 25° C		Intensidad 40° C
	Enterrado	Bajo tubo	Al aire
150	330	310	300
240	430	405	420

**Tabla 4.1** - Intensidades máximas de los conductores de aluminio

No obstante, se determinara la intensidad máxima de instalación en las peores condiciones existentes, que son las siguientes:

- Conductores enterrados a 1,10 metros
- Temperatura ambiente del terreno de 25 °C
- Resistividad térmica media de 1 K·m/W
- Cable enterrado bajo tubo

Las condiciones de instalación difieren de las condiciones que nos facilitan la tabla 4.1, por lo tanto, se deberá aplicar factores de corrección para la distancia de enterrado a 1,10 metros y factor de conductor enterrado bajo tubo. Los factores de corrección son los siguientes:

Factor de corrección profundidades de enterramiento diferentes de 0,70 metros: Se aplicara el factor de corrección indicado en la siguiente tabla:

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,90	0,98	0,97	0,95

**Tabla 4.2** - Factores de corrección según profundidad de instalación

Los conductores están enterrados a 1,10 metros, el factor de corrección para la distancia mencionada no está en la tabla, por lo tanto tendremos que interpolar, e interpolando el valor del factor de corrección es de **0,96**.

Factor de corrección por cable entubado: Se aplicara el factor de corrección de 0,8 para un circuito formado por cables unipolares en contacto mutuo instalado bajo tubo directamente enterrado.

Con los factores de corrección calculados, la intensidad máxima admisible según la tabla 4.1 para un conductor enterrado en las condiciones mencionadas es de:

$$I_{\text{máx admisible}} = 430 \cdot 0,96 \cdot 0,8 = 330,24 \text{ A}$$

## 4.2. Cálculo justificativo de la sección del conductor frente a intensidades de cortocircuito

Las intensidades de corriente de cortocircuito en kA, admisibles para diferentes tiempos de duración del cortocircuito se recogen en la tabla que se muestra a continuación. Estas intensidades corresponden a una temperatura máxima de 250 °C alcanzada por el conductor, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso del cortocircuito es absorbido por el conductor.

<b>Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio</b>					
<b>Sección f/n</b>	<b>50/50</b>	<b>95/50</b>	<b>150/95</b>	<b>240/150</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>
<b>In en aire</b>	140	240	300	420	<b>A</b>
<b>In enterrados</b>	180	260	330	430	<b>A</b>
<b>R f/n</b>	0,641/0,641	0,32/0,641	0,206/0,32	0,125/0,206	<b>Ω/km a 20°C</b>
<b>(1) X</b>	0,097	0,090	0,089	0,087	<b>Ω/km</b>
<b>I max. a 0,1sg.</b>	14,7	27,9	44,1	70,5	<b>kA</b>
<b>I max. a 0,2sg.</b>	10,1	19,2	30,4	48,7	<b>kA</b>
<b>I max. a 1sg.</b>	4,6	8,8	13,9	22,3	<b>kA</b>
<b>(2) Carac. I<sup>2</sup>t</b>	21,06	76,32	190,8	489,6	<b>A<sup>2</sup>*sg*1000</b>
<b>(3) Icc. a 5 sg.</b>	1945	3696	5836	9338	<b>A</b>
<b>Carga máxima</b>	124,7	180,1	228,6	297,9	<b>kVA</b>

**Tabla 4.3 - Factores de corrección según profundidad de instalación**

El valor de la corriente de cortocircuito en la línea de baja tensión se calculó en el capítulo 3 de este anexo para las salidas del cuadro de baja tensión de cada centro de transformación, obteniendo una corriente de cortocircuito en el peor de los casos de 20,21 kA que corresponde en el caso de los transformadores de 630 kVA. Compañía suministradora indica que la duración del cortocircuito no debe sobrepasar los 0,2 s, por lo tanto, según tabla 4.3 el conductor a emplear de 240 mm<sup>2</sup> soporta una intensidad de cortocircuito de 48,7 kA, por lo tanto el conductor a emplear cumple con creces el parámetro de intensidades de cortocircuito.

## 4.3. Cálculo de la intensidad y nivel de saturación de los conductores

Para calcular la intensidad del conductor que circula por cada tramo de la línea de distribución de baja tensión se realizara de la siguiente manera:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} \quad (4.1)$$

Siendo:

$I_L$ : Intensidad que circula por el conductor (A)

P: Potencia a transportar en la línea (W)

$V_L$ : Tensión de alimentación de la línea (V)

$\cos \varphi$ : factor de potencia de la línea, 0,85 tal y como se ha indicado en la memoria

Se deberá comprobar el nivel de saturación del conductor para que cumpla con las directrices de la compañía suministradora que fija una saturación del 85%.

Para calcular el nivel de saturación se realizara de la siguiente manera:

$$\text{Saturación (\%)} = \frac{I_{\text{Línea}}}{I_{\text{Máxima}}} \cdot 100 \quad (4.2)$$

Siendo:

$I_{\text{Línea}}$ : Intensidad que circula por el tramo de la línea (A)

$I_{\text{Máxima}}$ : Intensidad máxima que puede circular por el conductor (A)

#### 4.4. Cálculo de la caída de tensión en las líneas subterráneas de BT

Se deberá comprobar que la caída de tensión de la línea no supere lo establecido por la compañía suministradora que la fija en un 7%. Para ello se calculara la caída de tensión en cada tramo de la línea y se comprobará que la suma de las caídas de tensión parciales de la línea no supere el valor de la caída de tensión que fija la compañía suministradora.

Cálculo de la caída de tensión de la línea en valor unitario:

$$u = \frac{L \cdot P}{C \cdot S \cdot V_L} \quad (4.3)$$

Siendo:

u: Caída de tensión de la línea (V)

L: Longitud del tramo de la línea (m)



P: Potencia transportada en el tramo de la línea (W)  
C: Conductividad del aluminio ( $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ )  
S: Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )  
 $V_L$ : Tensión de la línea (V)

Y de manera porcentual:

$$u (\%) = \frac{u}{V_L} \cdot 100 \quad (4.4)$$

Siendo:

u: Caída de tensión unitaria (V)  
 $V_L$ : Tensión de alimentación de la línea (V)

## 4.5. Caídas de tensión de las líneas y niveles de saturación

A continuación se exponen las tablas de todas las líneas que salen de cada cuadro de baja tensión de cada centro de transformación teniendo en cuenta todo lo indicado en apartados anteriores.

Para el cálculo de los valores que se muestran en la tabla se ha tenido en cuenta lo mostrado en el plano 8 del trazado de las líneas de baja tensión, utilizando las expresiones de la 4.1 a la 4.4 y teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- El coeficiente de conductividad del aluminio es de  $35 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$
- La sección del conductor será uniforme de  $240 \text{ mm}^2$
- La tensión de alimentación de la línea será de 400 V
- El  $\cos \phi$  será de 0,85
- La intensidad máxima del cable es de 330,24 A según lo calculado anteriormente
- La potencia de cada vivienda es de 9 200 W
- La potencia de cada tienda i comercio es de 8 050 W
- Se consideraran coeficientes de simultaneidad que serán los siguientes:
  - Para las tiendas o comercios: 1
  - Para las viviendas se tendrá en cuenta el factor de agrupamiento de viviendas indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-10, que se muestra a continuación:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	$15,3+(n-21).0,5$

**Tabla 4.4** - Coficiente de simultaneidad según el número de viviendas

## 4.5.1. Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 1

Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 1										
Salida	CDU o ADU	L (m)	Nº Viviendas	Coef. Simul.	Pot. Total con coef. (W)	u (V)	u (%)	u (%) acumulada	I (A)	Saturación (%)
1	1	206	14	11,3	103960	6,37	1,59	1,59	176,53	53,46
1	2	32	12	9,9	91080	0,87	0,22	1,81	154,66	46,83
1	3	32	10	8,5	78200	0,74	0,19	2,00	132,79	40,21
1	4	32	8	7	64400	0,61	0,15	2,15	109,36	33,11
1	5	32	6	5,4	49680	0,47	0,12	2,27	84,36	25,55
1	6	32	4	3,8	34960	0,33	0,08	2,35	59,37	17,98
1	7	34	2	2	18400	0,19	0,05	2,40	31,24	9,46
2	1	34	2	2	18400	0,19	0,05	0,90	31,24	9,46
2	2	110	14	11,3	103960	3,40	0,85	0,85	176,53	53,46
2	3	32	10	8,5	78200	0,74	0,19	1,04	132,79	40,21
2	4	32	8	7	64400	0,61	0,15	1,19	109,36	33,11
2	5	32	6	5,4	49680	0,47	0,12	1,31	84,36	25,55
2	6	32	4	3,8	34960	0,33	0,08	1,39	59,37	17,98
2	7	34	2	2	18400	0,19	0,05	1,44	31,24	9,46
3	1	84	11	9,2	84640	2,12	0,53	0,53	143,73	43,52
3	2	32	9	7,8	71760	0,68	0,17	0,70	121,85	36,90
3	3	32	7	6,2	57040	0,54	0,14	0,84	96,86	29,33
3	4	32	5	4,6	42320	0,40	0,10	0,94	71,86	21,76
3	5	32	3	3	27600	0,26	0,07	1,00	46,87	14,19
3	6	26	1	1	9200	0,07	0,02	1,02	15,62	4,73
4	1	20	11	9,2	84640	0,50	0,13	0,13	143,73	43,52
4	2	32	9	7,8	71760	0,68	0,17	0,30	121,85	36,90
4	3	32	7	6,2	57040	0,54	0,14	0,43	96,86	29,33
4	4	32	5	4,6	42320	0,40	0,10	0,53	71,86	21,76
4	5	32	3	3	27600	0,26	0,07	0,60	46,87	14,19
4	6	26	1	1	9200	0,07	0,02	0,62	15,62	4,73

Tabla 4.5 - Cálculo de las líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 1

## 4.5.2. Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 2

Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 2										
Salida	CDU o ADU	L (m)	Nº Viviendas	Coef. Simul.	Pot. Total con coef. (W)	u (V)	u (%)	u (%) acumulada	I (A)	Saturación (%)
1	1	20	11	9,2	84640	0,50	0,13	0,13	143,73	43,52
1	2	32	9	7,8	71760	0,68	0,17	0,30	121,85	36,90
1	3	32	7	6,2	57040	0,54	0,14	0,43	96,86	29,33
1	4	32	5	4,6	42320	0,40	0,10	0,53	71,86	21,76
1	5	32	3	3	27600	0,26	0,07	0,60	46,87	14,19
1	6	26	1	1	9200	0,07	0,02	0,62	15,62	4,73
2	1	88	11	9,2	84640	2,22	0,55	0,55	143,73	43,52
2	2	32	9	7,8	71760	0,68	0,17	0,73	121,85	36,90
2	3	32	7	6,2	57040	0,54	0,14	0,86	96,86	29,33
2	4	32	5	4,6	42320	0,40	0,10	0,96	71,86	21,76
2	5	32	3	3	27600	0,26	0,07	1,03	46,87	14,19
2	6	26	1	1	9200	0,07	0,02	1,05	15,62	4,73
3	1	34	2	2	18400	0,19	0,05	0,93	31,24	9,46
3	2	114	14	11,3	103960	3,53	0,88	0,88	176,53	53,46
3	3	32	10	8,5	78200	0,74	0,19	1,07	132,79	40,21
3	4	32	8	7	64400	0,61	0,15	1,22	109,36	33,11
3	5	32	6	5,4	49680	0,47	0,12	1,34	84,36	25,55
3	6	32	4	3,8	34960	0,33	0,08	1,42	59,37	17,98
3	7	34	2	2	18400	0,19	0,05	1,47	31,24	9,46
4	1	210	14	11,3	103960	6,50	1,62	1,62	176,53	53,46
4	2	32	12	9,9	91080	0,87	0,22	1,84	154,66	46,83
4	3	32	10	8,5	78200	0,74	0,19	2,03	132,79	40,21
4	4	32	8	7	64400	0,61	0,15	2,18	109,36	33,11
4	5	32	6	5,4	49680	0,47	0,12	2,30	84,36	25,55
4	6	32	4	3,8	34960	0,33	0,08	2,38	59,37	17,98
4	7	34	2	2	18400	0,19	0,05	2,43	31,24	9,46

Tabla 4.6 - Cálculo de las líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 2

## 4.5.3. Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 3

Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 3											
Salida	CDU o ADU	L (m)	Nº Viviendas	Coef. Simul.	Nº Tiendas	Pot. Total con coef. (W)	u (V)	u (%)	u (%) acumulada	I (A)	Saturación (%)
1	1	66	18	13,7	0	126040	2,48	0,62	0,62	214,03	64,81
1	2	32	16	12,5	0	115000	1,10	0,27	0,89	195,28	59,13
1	3	82	14	11,3	0	103960	2,54	0,63	1,53	176,53	53,46
1	4	32	12	9,9	0	91080	0,87	0,22	1,74	154,66	46,83
1	5	82	10	8,5	0	78200	1,91	0,48	2,22	132,79	40,21
1	6	12	8	7	0	64400	0,23	0,06	2,28	109,36	33,11
1	7	82	6	5,4	0	49680	1,21	0,30	2,58	84,36	25,55
1	8	32	4	3,8	0	34960	0,33	0,08	2,66	59,37	17,98
1	9	84	2	2	0	18400	0,46	0,12	2,78	31,24	9,46
2	1	170	16	12,5	1	123050	6,23	1,56	1,56	208,95	63,27
2	2	24	10	8,5	1	86250	0,62	0,15	1,71	146,46	44,35
2	3	32	8	7	1	72450	0,69	0,17	1,88	123,03	37,25
2	4	42	6	5,4	1	57730	0,72	0,18	2,06	98,03	29,68
2	5	44	6	5,4	0	49680	0,65	0,16	2,23	84,36	25,55
2	6	32	4	3,8	0	34960	0,33	0,08	2,31	59,37	17,98
2	7	84	2	2	0	18400	0,46	0,12	2,42	31,24	9,46
2	8	72	6	5,4	0	49680	1,06	0,27	1,82	84,36	25,55
2	9	32	4	3,8	0	34960	0,33	0,08	1,91	59,37	17,98
2	10	84	2	2	0	18400	0,46	0,12	2,02	31,24	9,46
3	1	302	16	12,5	1	123050	11,06	2,76	2,76	208,95	63,27
3	2	24	10	8,5	1	86250	0,62	0,15	2,92	146,46	44,35
3	3	32	8	7	1	72450	0,69	0,17	3,09	123,03	37,25
3	4	42	6	5,4	1	57730	0,72	0,18	3,27	98,03	29,68
3	5	44	6	5,4	0	49680	0,65	0,16	3,43	84,36	25,55
3	6	32	4	3,8	0	34960	0,33	0,08	3,52	59,37	17,98
3	7	84	2	2	0	18400	0,46	0,12	3,63	31,24	9,46
3	8	72	6	5,4	0	49680	1,06	0,27	3,03	84,36	25,55
3	9	32	4	3,8	0	34960	0,33	0,08	3,11	59,37	17,98
3	10	84	2	2	0	18400	0,46	0,12	3,23	31,24	9,46
4	1	40	14	11,3	2	120060	1,43	0,36	0,36	203,87	61,73
4	2	32	12	9,9	2	107180	1,02	0,26	0,61	182,00	55,11
4	3	42	10	8,5	2	94300	1,18	0,29	0,91	160,13	48,49
4	4	44	10	8,5	1	86250	1,13	0,28	1,19	146,46	44,35
4	5	12	8	7	1	72450	0,26	0,06	1,25	123,03	37,25
4	6	82	6	5,4	1	57730	1,41	0,35	1,61	98,03	29,68
4	7	32	4	3,8	1	43010	0,41	0,10	1,71	73,03	22,12
4	8	42	2	2	1	26450	0,33	0,08	1,79	44,91	13,60
4	9	46	2	2	0	18400	0,25	0,06	1,85	31,24	9,46

Tabla 4.7 - Cálculo de las líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 3

## 4.5.4. Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 4

Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 4											
Salida	CDU o ADU	L (m)	Nº Viviendas	Coef. Simul.	Nº Tiendas	Pot. Total con coef. (W)	u (V)	u (%)	u (%) acumulada	I (A)	Saturación (%)
1	1	36	16	12,5	1	123050	1,32	0,33	0,33	208,95	63,27
1	2	32	14	11,3	1	112010	1,07	0,27	0,60	190,20	57,60
1	3	82	12	9,9	1	99130	2,42	0,60	1,20	168,33	50,97
1	4	32	10	8,5	1	86250	0,82	0,21	1,41	146,46	44,35
1	5	44	8	7	1	72450	0,95	0,24	1,64	123,03	37,25
1	6	42	8	7	0	64400	0,81	0,20	1,84	109,36	33,11
1	7	32	6	5,4	0	49680	0,47	0,12	1,96	84,36	25,55
1	8	82	4	3,8	0	34960	0,85	0,21	2,18	59,37	17,98
1	9	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	2,22	31,24	9,46
2	1	132	8	7	0	64400	2,53	0,63	0,63	109,36	33,11
2	2	32	6	5,4	0	49680	0,47	0,12	0,75	84,36	25,55
2	3	82	4	3,8	0	34960	0,85	0,21	0,96	59,37	17,98
2	4	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	1,01	31,24	9,46
3	1	78	8	7	1	72450	1,68	0,42	0,42	123,03	37,25
3	2	32	6	5,4	1	57730	0,55	0,14	0,56	98,03	29,68
3	3	44	4	3,8	1	43010	0,56	0,14	0,70	73,03	22,12
3	4	42	4	3,8	0	34960	0,44	0,11	0,81	59,37	17,98
3	5	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	0,85	31,24	9,46

Tabla 4.8 - Cálculo de las líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 4

## 4.5.5. Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 5

Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 5											
Salida	CDU o ADU	L (m)	Nº Viviendas	Coef. Simul.	Nº Tiendas	Pot. Total con coef. (W)	u (V)	u (%)	u (%) acumulada	I (A)	Saturación (%)
1	1	42	8	7	0	64400	0,81	0,20	0,20	109,36	33,11
1	2	32	6	5,4	0	49680	0,47	0,12	0,32	84,36	25,55
1	3	82	4	3,8	0	34960	0,85	0,21	0,53	59,37	17,98
1	4	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	0,58	31,24	9,46
2	1	230	16	12,5	1	123050	8,42	2,11	2,11	208,95	63,27
2	2	30	8	7	1	72450	0,65	0,16	2,27	123,03	37,25
2	3	32	6	5,4	1	57730	0,55	0,14	2,40	98,03	29,68
2	4	42	4	3,8	1	43010	0,54	0,13	2,54	73,03	22,12
2	5	44	4	3,8	0	34960	0,46	0,11	2,65	59,37	17,98
2	6	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	2,70	31,24	9,46
2	7	64	8	7	0	64400	1,23	0,31	2,41	109,36	33,11
2	8	32	6	5,4	0	49680	0,47	0,12	2,53	84,36	25,55
2	9	82	4	3,8	0	34960	0,85	0,21	2,74	59,37	17,98
2	10	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	2,79	31,24	9,46
3	1	390	16	12,5	1	123050	14,28	3,57	3,57	208,95	63,27
3	2	30	8	7	1	72450	0,65	0,16	3,73	123,03	37,25
3	3	32	6	5,4	1	57730	0,55	0,14	3,87	98,03	29,68
3	4	42	4	3,8	1	43010	0,54	0,13	4,00	73,03	22,12
3	5	44	4	3,8	0	34960	0,46	0,11	4,12	59,37	17,98
3	6	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	4,17	31,24	9,46
3	7	64	8	7	0	64400	1,23	0,31	3,88	109,36	33,11
3	8	32	6	5,4	0	49680	0,47	0,12	4,00	84,36	25,55
3	9	82	4	3,8	0	34960	0,85	0,21	4,21	59,37	17,98
3	10	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	4,26	31,24	9,46
4	1	70	8	7	0	64400	1,34	0,34	0,34	109,36	33,11
4	2	32	6	5,4	0	49680	0,47	0,12	0,45	84,36	25,55
4	3	82	4	3,8	0	34960	0,85	0,21	0,67	59,37	17,98
4	4	34	2	2	0	18400	0,19	0,05	0,71	31,24	9,46

Tabla 4.9 - Cálculo de las líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 5

## 4.5.6. Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 6

Líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 6							
Salida	CDU o ADU	L (m)	Pot. Total (W)	u (V)	u (%)	I (A)	Saturación (%)
1	1	45	55500	0,74	0,19	94,24	28,54
2	2	45	55500	0,74	0,19	94,24	28,54

Tabla 4.10 - Cálculo de las líneas del cuadro de baja tensión del centro de transformación 6

## 4.5.7. Resumen de máximas caídas de tensión y niveles de saturación de las líneas

Las máximas caídas de tensión y saturación de las líneas de las tablas mostradas anteriormente quedan recogidas en forma de tabla resumen en la tabla que se muestra a continuación:

Resumen caídas de tensión y saturación de las líneas			
Centro de transformación	Salida del cuadro de baja tensión	Máxima caída de tensión (%)	Máxima saturación (%)
1	1	2,40	53,46
	2	1,44	53,46
	3	1,02	43,52
	4	0,62	43,52
2	1	0,62	43,52
	2	1,05	43,52
	3	1,47	53,46
	4	2,43	53,46
3	1	2,78	64,81
	2	2,42	63,27
	3	3,63	63,27
	4	1,85	61,73
4	1	2,22	63,27
	2	1,01	33,11
	3	0,85	37,25
5	1	0,58	33,11
	2	2,79	63,27
	3	4,26	63,27
	4	0,71	33,11
6	1	0,19	28,54
	2	0,19	28,54

Tabla 4.11 - Resumen de las caídas de tensión y saturación de los conductores de los cuadros de baja tensión



De los valores que se pueden observar en la tabla anterior, de todas las líneas que proceden de los cuadros de baja tensión de los diferentes centros de transformación, ninguna línea sobrepasa el nivel de caída de tensión fijada por la compañía suministradora mencionado en el apartado anterior de este anexo.

Por otro lado en cuanto a la saturación de los conductores de las respectivas líneas, tampoco superan el nivel de saturación fijado por la compañía suministradora.



# CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

## 5.1. Introducción y antecedentes

La empresa Promociones Cataluña, S.L se encuentra en fase proyección de una línea eléctrica de 25 kV para la alimentación de una urbanización en el término municipal de Artes.

La actuación propuesta consiste en la construcción de una línea aérea y subterránea de 25 kV de aproximadamente 4 520 m de longitud.

El presente Estudio de Impacto Ambiental se enmarca en la legislación medioambiental vigente en Cataluña, a nivel autonómico, y en España, a nivel estatal, El Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental está contemplado en el *Real Decreto Legislativo 1302/1986*, de 28 de junio de *Evaluación de Impacto Ambiental*, modificado por la *Ley 6/2001*, de 8 de mayo, y su normativa de desarrollo, *Real Decreto 1131/1998*, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el *reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986*, así como por la *Ley 9/2006*, de 28 de abril, sobre *evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente*, que modifica el *Real Decreto Legislativo 1302/1986*, de 28 de junio, de *Evaluación de Impacto Ambiental*.

El Impacto Ambiental puede definirse como la alteración que provoca una determinada actuación sobre el medio ambiente; en este caso, la actuación a analizar consiste en la instalación de una línea eléctrica aérea de aproximadamente 1 400 m de longitud y subterránea de aproximadamente 3 120 m de longitud a la tensión de 25 kV.

## 5.2. Descripción del proyecto y sus acciones

### 5.2.1. Descripción del tramo aéreo y subterráneo

La instalación proyectada consiste en la ejecución de un simple circuito a 25 kV. Parte desde un apoyo existente en la línea Artes 1 25 kV desde el cual discurrirá en aéreo la línea proyectada por apoyos unos 1 400 m hasta una conversión aéreo-subterráneo donde se realizará tendido subterráneo de aproximadamente 3 120 m de longitud. Los tramos proyectados constan de las siguientes partes diferenciadas:

- Instalación de apoyos
- Zanjas de Media Tensión
- Zanjas de Baja Tensión

La longitud total en planta del circuito proyectado es de 4 520 metros aproximadamente, lo que supone una longitud total de cable de aproximadamente 4700 metros.

Las coordenadas aproximadas UTM de los puntos de llegada y salida de la línea son los siguientes:

#### COORDENADAS UTM

- **Comienzo (Apoyo de conexión):** E 414106.0, N 4626025.0 (ED50 UTM 31N)
- **Final (Centro de Transformación más alejado del apoyo inicial):** E 412905.5, N 4627589.5 (ED50 UTM 31N)

### 5.2.2. Acciones del proyecto

Las acciones que de forma general conlleva un proyecto de línea eléctrica a 25 kV se organizan en un conjunto de actividades que básicamente se pueden resumir en:

- Autorizaciones administrativas
- Transporte de material y maquinaria
- Acopio de materiales
- Preparación del terreno
- Cimentaciones de apoyos
- Apertura de zanjas
- Tendido de los cables

- Cierre de zanjas y restitución del firme
- Necesidades de mano de obra
- Eliminación de materiales y rehabilitación de daños
- Proceso de transporte y transformación de electricidad (producción de ruidos, campos eléctricos y magnéticos, ozono)
- Labores de mantenimiento

### 5.3. Área de estudio y síntesis inicial del medio

El proyecto objeto de estudio se localiza en el término municipal de Artes, dentro de la comarca del Bages, provincia de Barcelona, la Comunidad Autónoma de Cataluña.

En concreto el proyecto se desarrolla en la nueva urbanización Cal Menara, localizado en las inmediaciones de la Serra de Can Vila. Se trata por tanto de un área escasa en bosques ya que en los últimos años ha sufrido un gran crecimiento industrial y en su consecuencia poblacional. En general la zona de estudio presenta una topografía ondulada, con pendientes entre el 5-10%, con zonas llanas y levemente alomadas. Los suelos predominantes en el área de estudio, pertenecen al orden de los *Inceptisol* suborden *Ochrept* y *Alfisol* suborden *Udalfs*.

En general, se trata de suelos pobres en sustancias nutritivas, ricos en materia orgánica, fuertemente ácidos y con grado de saturación muy bajo, con gravas de cuarzo en sus horizontes superiores, sueltos y sin estructura.

Dada la cubierta vegetal existente, que fija el terreno, no son frecuentes los deslizamientos o desprendimientos. Por otra parte las pérdidas de suelo por erosión, en general no son muy elevadas, siendo mayores en las proximidades de los cauces debido a la erosión hídrica laminar.

En cuanto a la climatología, la zona se caracteriza por presentar un clima templado cálido según la clasificación de *Papadakis*, de forma que las temperaturas a lo largo de todo el año son templadas no apareciendo temperaturas extremas en los meses de invierno o verano. En los vientos domina la componente S-SE de abril a julio.

Desde el punto de vista de la Bioclimatología, la zona se encuadra entre los pisos colino y montano, con un ombroclima lluvioso y frío que hace sentir la influencia pirenaica. La cubierta vegetal del ámbito de estudio está constituida por bosques de hayedo y robledal, junto con parcelas de cultivo, praderas y pastizales. El bosque de haya o robledal, en distintos grados de conservación, aparece en las zonas de mayor pendiente, aunque el bosque de robledal puede aparecer disperso por otros puntos de la zona de estudio. Estos bosques están acompañados por pino negro y pino de Monterrey que constituyen las especies de sustitución tanto del haya como del roble. Además, los cultivos, escasos en la zona, están formados por parcelas muy pequeñas y dispersas, que forman mosaicos con las praderas.

## 5.4. Justificación del trazado seleccionado

Como se ha comentado, la traza propuesta para la nueva línea eléctrica discurre aérea y subterránea por terrenos eminentemente industriales en los que destaca la ausencia de elementos naturales de interés.

Para el diseño de la traza se ha considerado como criterio prioritario minimizar la afección a la población, así, el trazado se plantea subterráneo en toda su longitud por terrenos propiedad de Fecsa-Endesa.

Considerando la escasa longitud de la nueva línea y dado que cualquier otra alternativa propuesta ocasionaría unos mayores impactos sobre la población, se ha considerado el trazado propuesto como el más viable tanto ambiental como socialmente, por lo que no se plantean trazados alternativos al proyectado.

## 5.5. Identificación, caracterización y valoración de impactos

### 5.5.1. *Impactos sobre la geología y la geomorfología*

#### **Fase de funcionamiento**

- Cambios en el relieve

La línea se proyecta a lo largo de todo su recorrido aéreo por tramos industrializados y soterrada por zonas urbanizadas. Como se ha comentado en el apartado de descripción del proyecto, en el trazado se pueden diferenciar tres partes: la primera se corresponde con la zanja de baja tensión, la segunda con la zanja de media tensión, y la tercera para la instalación de las cimentaciones con el propósito de instalar los apoyos.

De esta forma, los movimientos de tierra asociados al proyecto serán los derivados de la construcción de la zanja (3 500 m), y de la cimentación (70 m), lo que supone un volumen de tierras total de aproximadamente 750 m<sup>3</sup>.

Al tratarse de movimientos de tierra de escasa envergadura, y al construirse las zanjas sobre zonas urbanizadas, el impacto producido por los cambios de relieve debido a la presencia de los taludes para la apertura de la zanja se considera NO SIGNIFICATIVO.

- Incremento de riesgos geológicos

En la zona de estudio no se localizan áreas de interés geológico, por lo que el impacto sobre las mismas se considera NULO.

### **Fase de Funcionamiento**

El funcionamiento de la línea no supondrá ningún tipo de afección sobre la geología y geomorfología de la zona.

#### *5.5.2. Impactos sobre la edafología*

Los suelos afectados por la construcción de la línea se corresponden con *inceptisoles* –en mayor medida- y con *alfisoles*.

Las modificaciones causadas en el suelo por la instalación de la línea proyectada han de medirse por los cambios que se producen en sus características físicas y químicas (en su composición y estructura). El resultado es una distinta calificación o aptitud de ese suelo al variar sus propiedades y su capacidad agrológica.

Sin embargo, como se ha comentado, los movimientos de tierra asociados a la construcción de la línea serán de escasa envergadura y se llevarán a cabo sobre zonas urbanizadas y en gran parte hormigonadas o asfaltadas.

### **Fase de construcción**

- Compactación del suelo/ Pérdida de suelo por erosión

La compactación del suelo se produce como consecuencia del movimiento de tierras y de maquinaria necesarios para la preparación de nuevos accesos y acondicionamiento de existentes, para la apertura y cierre de la zanja y para el tendido de cable.

En el caso de la línea objeto de análisis, la creación de nuevos accesos es innecesaria, dado el emplazamiento de la misma. Además al encontrarse la zona en gran parte asfaltada el impacto potencial sobre la calidad edáfica (compactación del suelo, la pérdida de suelo por erosión, etc) es NO SIGNIFICATIVO

- Contaminación del suelo

En lo que respecta al impacto por posible contaminación del suelo por vertidos accidentales, el impacto se considera *negativo, directo, temporal, a corto plazo, simple, reversible y recuperable*, valorándose como NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE, ya que dicho riesgo de accidente se evitará mediante la aplicación de las oportunas medidas preventivas, evitando los vertidos accidentales causados por cambios de aceite de la maquinaria, vertidos del hormigón sobrante, etc.

### **Fase de funcionamiento**

Durante las labores que se realicen en la fase de funcionamiento, que se reducirán a revisiones periódicas y esporádicas de los elementos de la línea, tanto el posible impacto por compactación y degradación del suelo, como el derivado del aumento del riesgo potencial de erosión y el aumento del riesgo de contaminación se consideran NO SIGNIFICATIVOS.

#### *5.5.3. Impactos sobre la hidrología*

Al no influir en el cauce de ningún río se consideran los impactos sobre la hidrología como NO SIGNIFICATIVO.

#### *5.5.4. Impactos sobre el aire*

Los impactos considerados sobre la atmósfera son los relativos a cambios en la calidad del aire y a aumento de los niveles sonoros.

### **Fase de construcción**

- Cambios en la calidad del aire

En lo que respecta a cambios en la calidad del aire, las alteraciones por aumento de partículas en suspensión y contaminantes atmosféricos se producen en la fase de construcción y están ligadas en este caso a las actuaciones de apertura y cierre de la zanja fundamentalmente.

Por lo general, las emisiones gaseosas de la maquinaria serán prácticamente irrelevantes dado que, debido a la magnitud de las obras, la presencia de maquinaria en la zona será escasa.

En cuanto a las superficies afectadas, se centran, únicamente en las correspondientes a la apertura y cierre de las canalizaciones, ya que, debido al grado de urbanización de la zona, toda el área de actuación es de fácil accesibilidad.



En la valoración se ha tenido en cuenta que se trata de un impacto claramente temporal que desaparecerá una vez finalizadas las obras, de magnitud mínima y que además quedará minimizado con las medidas cautelares, tales como riegos en la zona de obras en caso necesario y control de la velocidad de la maquinaria. El impacto se considera *negativo, directo temporal, a corto plazo, simple, reversible y recuperable* y se valora como NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE en toda la longitud del trazado.

- Aumento de los niveles sonoros

En cuanto al aumento de niveles sonoros, esta alteración se produce fundamentalmente por la apertura y cierre de la zanja y, en menor medida, en el transporte y acopio de material y en el tendido del cable. En este sentido, cabe indicar que no se realizarán voladuras para las actuaciones previstas.

Se trata de un impacto *negativo, directo temporal, a corto plazo, simple, reversible y recuperable*, si bien debido al elevado grado de industrialización del emplazamiento del proyecto, a la distancia existente entre el trazado y las zonas urbanas y a viviendas aisladas y a la escasa magnitud de las obras, el impacto se ha valorado como NO SIGNIFICATIVO COMPATIBLE.

### **Fase de funcionamiento**

En cuanto a los impactos sobre la atmósfera en fase de funcionamiento de la línea, cabe destacar que al discurrir un tramo de la línea bajo tierra desaparecen algunos impactos como el aumento de ruido o la producción de ozono, ya que éste último depende del efecto corona que desaparece en los cables subterráneos.

- Producción de campos eléctricos y magnéticos

Las líneas de alta tensión pueden producir, durante la fase de funcionamiento, una ligera modificación de los campos eléctricos y magnéticos, que en caso de existir tendrá lugar en el entorno más próximo de la instalación. En este sentido, los valores de campo serán muy inferiores a los máximos recomendados a nivel internacional.

De acuerdo con el resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo a partir del informe técnico realizado por el Comité de Expertos Independientes, de fecha 11 de mayo de 2001, la exposición a campos electromagnéticos no ocasiona efectos adversos para la salud, dentro de los límites establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE).

Por todo lo indicado el impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

#### 5.5.5. Impactos sobre la vegetación

La traza discurre íntegramente por zonas urbanas e industriales, en las que tan sólo aparecen árboles dispersos con fines ornamentales fundamentalmente.

##### Fase de construcción

- Eliminación de la vegetación

El impacto se considera *negativo, directo temporal, a corto plazo, simple, reversible y recuperable* y se valora como NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE en toda la longitud del trazado.

- Afección a la vegetación por polvo en suspensión

Por otro lado, para la instalación de la línea eléctrica se realizarán una serie de actuaciones que provocarán la generación de polvo en suspensión, como son el transporte de material y maquinaria, la retirada de tierras y materiales y la excavación de la zanja.

La vegetación de mayor interés presente en la zona de estudio, susceptible de ser afectada, se corresponde con la vegetación de ribera asociada al río Urumea, dominada por los Alisos (*Alnus glutinosa*), Sauces (*Salix spp.*), Fresnos (*Fraxinus angustifolia*), Plátanos (*Platanus hispanica*), Tilos (*Tilia spp.*), Olmos (*Ulmus minor*), Arces (*Acer monspessulanum*) y Chopos (*Populus nigra*).

Se trata de un efecto con carácter *temporal, a corto plazo, reversible y recuperable*. En función de la escasa superficie que previsiblemente resulta afectada, este impacto resulta muy puntual y de baja intensidad, por lo que se valora como NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE.

##### Fase de funcionamiento

Durante la fase de explotación, los impactos sobre la vegetación van a ser mínimos debido al reducido deterioro que suponen las labores de mantenimiento y a la inexistencia de masas forestales arboladas a lo largo del trazado elegido, por lo que el impacto sobre la vegetación existente se considera NO SIGNIFICATIVO.

### 5.5.6. Impactos sobre la fauna

En el caso de la línea objeto de estudio, al discurrir soterrada, desaparecen, en fase de funcionamiento, los riesgos de electrocución y colisión de la avifauna con el tendido. Los posibles impactos sobre la fauna son los siguientes:

#### **Fase de construcción**

Las afecciones de mayor relevancia que puede provocar la construcción de una línea eléctrica sobre la fauna son las relativas a desaparición / modificación de hábitats, alteración de las poblaciones y eliminación de ejemplares.

- Alteración/ eliminación de hábitats faunísticos

La excavación de las canalizaciones y la presencia de personal y maquinaria pueden provocar una alteración y/o eliminación de los hábitats, que a su vez pueden provocar una alteración en el comportamiento de la fauna al conllevar el desplazamiento de los ejemplares afectados a áreas próximas.

El trazado propuesto se plantea en parte soterrado por una zona absolutamente industrial que presenta, por tanto, una importante influencia antrópica, por lo que la fauna presente en las inmediaciones del área de influencia del proyecto será fundamentalmente generalista y estará, en cierta forma, acostumbrada a la presencia humana.

Por otra parte, la actuación prevista se plantea en su mayor parte sobre zonas asfaltadas u hormigonadas por lo que no supone una eliminación de hábitat, al no afectar a vegetación existente o a lugares de interés para la fauna.

Dado que todas las actuaciones que conlleva la construcción de la línea son de muy baja magnitud y muy puntuales, el impacto sobre la alteración o eliminación de hábitats se considera NO SIGNIFICATIVO.

- Alteración de las poblaciones

Además de lo comentado, el incremento de vehículos, la emisión de ruidos, el aumento de polvo y el acopio de materiales, puede producir una molestia o afección a la fauna residente, de forma que se fuerce su desplazamiento a otros lugares. En todo caso, la fauna potencialmente afectada, dado el emplazamiento del proyecto, se encontrará muy habituada a la actividad industrial, de forma que considerando la escasa envergadura de las obras y la temporalidad de las mismas, el impacto se valora como NO SIGNIFICATIVO.

- Eliminación de invertebrados edáficos y micromamíferos

Como consecuencia de la excavación de la zanja, se podrá producir una eliminación directa de ejemplares que afectará fundamentalmente a invertebrados edáficos y micromamíferos que viven en estas zonas, ya que la fauna con mayor movilidad, aves y mamíferos, en caso de encontrarse en la zona de influencia del proyecto, podrá desplazarse a áreas próximas, por lo que el impacto es mínimo y se considera NO SIGNIFICATIVO.

### **Fase de funcionamiento**

Al igual que ocurre con la vegetación, durante la fase de explotación, los impactos sobre la fauna van a ser mínimos debido al reducido deterioro que suponen las labores de mantenimiento y a la inexistencia de biotopos de interés a lo largo del trazado elegido. Por tanto, el impacto sobre la fauna en fase de funcionamiento se considera NO SIGNIFICATIVO.

#### *5.5.7. Impactos sobre la población*

Los impactos generados por la construcción y posterior funcionamiento de una línea eléctrica pueden ser positivos (demanda de mano de obra y servicios asociados) y negativos (molestias sobre la población).

### **Fase de construcción**

- Dinamización laboral

La línea eléctrica requerirá la contratación de mano de obra para la instalación de la línea, que podría suponer puestos de trabajo de tipo temporal, considerándose éste como un impacto de tipo positivo de BAJA magnitud.

- Molestias a la población

Los movimientos de tierra, el tránsito de la maquinaria, aumento de los niveles de ruido, partículas en suspensión, humos, etc., que tendrán lugar durante la fase de construcción generará molestias a la población, viéndose particularmente afectados los residentes de las zonas más próximas al trazado de la línea.

Como se ha comentado la línea se proyecta dentro de un polígono industrial, en su mayor parte por el interior de una subestación eléctrica y de una planta papelera, alejada de viviendas o zonas residenciales.

De esta forma será el personal que trabaje en las obras el más afectado por las mismas, si bien se preparará adecuadamente cumpliendo en todo caso con la legislación de Prevención de Riesgos laborales vigentes.

Considerando lo comentado, la escasa longitud de la línea y la temporalidad de las obras, el impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

- Afección a la propiedad

La construcción de una nueva línea eléctrica conlleva un impacto sobre el sistema de propiedad como consecuencia de la ocupación de terrenos de propiedad privada. Sin embargo la nueva infraestructura sólo afecta a terrenos de Fecsa- Endesa, por lo que el impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

#### **Fase de funcionamiento**

- Dinamización laboral

La línea eléctrica requerirá labores de mantenimiento que podrían suponer puestos de empleo de tipo temporal para tareas de tipo esporádico y puntual, considerándose éste un impacto de tipo positivo de MUY BAJA magnitud.

#### *5.5.8. Impactos sobre los sectores económicos*

#### **Fase de construcción**

- Dinamización económica

La anteriormente comentada dinamización laboral, además de generar beneficios sobre la población los generará, en consecuencia, sobre el tejido económico local, al ofrecer una nueva fuente de ingresos para la economía del área de estudio. Por ello, el impacto se considera igualmente positivo, con una magnitud BAJA.

#### **Fase de funcionamiento**

- Mejora de la infraestructura eléctrica

La nueva línea eléctrica se plantea como demanda potencia de la nueva urbanización Cal Menara. De esta forma, la presencia de la línea eléctrica supone un impacto positivo de

magnitud BAJA sobre la infraestructura eléctrica de la zona, al permitir aumentar la capacidad de generación de energía eléctrica.

- Cambio de uso de suelo

Una vez que la fase de obras se encuentre finalizada y la línea eléctrica entre en servicio, ésta tendrá una servidumbre asociada, de 2 metros a cada lado del eje de la línea, donde se limitarán las actividades que se pueden llevar a cabo.

El impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

- Mejora de la economía local

La construcción del proyecto objeto de estudio presenta un impacto positivo sobre la economía local al participar indirectamente del proyecto de la planta de cogeneración, lo que llevará asociado una generación importante de empleos tanto directos como indirectos.

#### *5.5.9. Impactos sobre el sistema territorial*

Los impactos generados sobre el sistema territorial serán válidos tanto para la fase de construcción de la línea eléctrica como para la fase de funcionamiento.

- Impactos sobre el sector forestal

En lo referente a la posibilidad de que exista algún tipo de afección sobre el sector forestal, el trazado no afecta a ningún monte catalogado ni masa forestal, por lo que el impacto se considera NULO.

- Impactos sobre Espacios Naturales Protegidos y zonas de interés natural

Además, el trazado no atraviesa ningún espacio natural protegido de entidad estatal ni autonómica, ni tampoco LICs, ZEPAs, zonas RAMSAR o IBAs. Por este motivo el impacto sobre los espacios naturales protegidos y zonas de interés natural es NULO.

- Cambios en el planeamiento urbanístico

El trazado discurre soterrada por suelo de Servicios de Infraestructuras, en primer lugar y finaliza en Suelo Industrial, de forma que se considera totalmente COMPATIBLE con el planeamiento vigente.

#### 5.5.10. Impactos sobre las infraestructuras

##### **Fase de construcción**

- Afección a infraestructuras

La construcción de una línea eléctrica no afectará al correcto funcionamiento de otras infraestructuras como carreteras, vías férreas o líneas eléctricas.

El impacto se considera, por tanto, NO SIGNIFICATIVO.

- Demanda de servicios

La línea eléctrica también contribuirá a la dinamización económica y laboral de la comarca, puesto que se generará una demanda de servicios locales fruto de la construcción de cualquier tipo de infraestructuras (restauración, materias primas, etc.). Todo ello es considerado como impacto positivo de magnitud BAJA.

##### **Fase de funcionamiento**

Durante la fase de funcionamiento de la línea eléctrica el impacto sobre otras infraestructuras existentes se considerará NO SIGNIFICATIVO.

#### 5.5.11. Impactos sobre el patrimonio

- Afección a yacimientos arqueológicos o bienes arquitectónicos.

El impacto sobre el patrimonio se considera NO SIGNIFICATIVO. En todo caso si durante el desarrollo de las obras apareciesen elementos arqueológicos de interés, se paralizarán las obras, poniendo el hallazgo en conocimiento de la autoridad competente en la materia.

#### 5.5.12. Impactos sobre el paisaje

Desde el punto de vista paisajístico, y considerando las unidades paisajísticas presentes en la zona, la actuación se localiza sobre la unidad “Áreas antropizadas” de muy baja calidad visual.

### Fase de construcción

- Pérdida de la calidad paisajística e intrusión visual

Los impactos visuales relacionados con la pérdida de la calidad paisajística se producen por la apertura de accesos, preparación del terreno y apertura de la zanja.

La intrusión visual se debe a la introducción de elementos naturales o artificiales, generalmente estos últimos, sobre todo cuando no existían con anterioridad. Está dado por las mismas actuaciones que causan la pérdida de la calidad visual, pero se incluye la presencia de maquinaria y material.

Los parámetros indicadores para valorar el impacto son la superficie afectada y la calidad visual de la unidad del paisaje en la zona de actuación.

Por otra parte la zona afectada por las obras se encuentra en un entorno eminentemente industrial, de muy baja calidad paisajística, en el que la presencia de maquinaria y puntos de acopio de materiales no suponen una intrusión real al ser comunes en la zona.

El impacto por pérdida de calidad visual se *considera directo, negativo, sinérgico, a corto plazo, permanente, irreversible y recuperable* y se valora como NO SIGNIFICATIVO debido a la escasa envergadura de las obras y a la calidad paisajística del entorno en el que se proyectan.

### Fase de funcionamiento

Dado que la línea discurre soterrada por un área urbanizada no será perceptible, por lo que el impacto sobre el paisaje en fase de funcionamiento se considera NULO.

## 5.6. Medias preventivas y correctoras

### 5.6.1. Medidas Preventivas o correctoras

- Elección del trazado

En general, la mayor parte de los impactos que se generan en las fases de construcción y funcionamiento de una línea de transporte de energía eléctrica va a estar directamente relacionada con el trazado seleccionado para la misma. Por ello, la adopción de medidas preventivas (y en concreto la selección del trazado más viable medioambientalmente) con



antelación al inicio de los trabajos es esencial para evitar que se provoquen la mayor parte de los efectos negativos.

La elección del trazado óptimo es por tanto la medida preventiva con una repercusión mayor en la minimización de los posibles impactos que genera una línea de transporte de energía eléctrica.

#### 5.6.1.1. Medidas preventivas sobre residuos

- Los residuos generados se gestionarán de acuerdo con lo previsto en la *Ley 10/1998*, de 21 de abril, de *residuos y en normativas específicas*, que le sean de aplicación, debiendo ser caracterizados para determinar su naturaleza y destino más adecuados.
- Todo residuo será destinado a valoración mediante su entrega a valorizador autorizado.  
Los residuos únicamente se destinarán a eliminación en caso de justificar que su valoración no resulta técnica, económica o medioambientalmente viable.
- Aquellos residuos, para los que se disponga de instalaciones de tratamiento autorizadas en la Comunidad Autónoma de Cataluña, serán prioritariamente destinados a tal fin en función de los principios de autosuficiencia y proximidad.
- Los residuos con destino a vertedero se gestionarán, además, de acuerdo con el *RD 1481/2001* de 27 de diciembre, por el que se regula la *eliminación de residuos mediante depósito en un vertedero*, y en su caso, con el *Decreto 423/1994*, de 2 de noviembre, sobre *gestión de residuos inertes e inertizados*. Dichos residuos se caracterizarán conforme a la *Directiva 2003/33/CE* del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los *criterios y procedimientos de la admisión de residuos en los vertederos* con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la *Directiva 1999/31/CEE*.
- En ningún caso se procederá a realizar la mezcla de las distintas tipologías de residuos generados entre sí, o con otros residuos, sino que se segregarán desde su origen.

#### Residuos No Peligrosos

- Los residuos de envases generados tales como palets, bolsas, sacos, etc., se separarán por materiales y se entregarán a un recuperador-reciclador autorizado de conformidad con lo establecido en la *Ley 11/1997*, de 24 de abril, de *envases y residuos de envases*.
- Los residuos de obras con destino a relleno o acondicionamiento de terreno se gestionarán mediante su depósito en estructuras de tipo “relleno” del *Decreto 423/1994*, de 2 de noviembre sobre *gestión de residuos inertes o inertizados*.
- Para cada uno de los emplazamientos donde se prevea el depósito de sobrantes de excavación, se redactará un proyecto específico, si bien se solicitará la autorización preceptiva.
- Asimismo, con anterioridad al traslado de los residuos no peligrosos a vertedero autorizado, se cumplimentará el correspondiente documento de aceptación.
- Previamente al inicio de los movimientos de tierra, se procederá a una caracterización de los materiales presentes en la parcela de implantación del proyecto con objeto de determinar su naturaleza y el destino más adecuado de dichos materiales. Los

resultados se enviarán a la Viceconsejería de Medio Ambiente antes del comienzo de las obras.

### Residuos Peligrosos

- El área de almacenamiento de residuos dispondrá de suelos estancos.
- Aquellos residuos peligrosos que puedan dar lugar a vertidos o generar lixiviados, se almacenarán en cubetos con el fin de evitar el vertido de derrames.
- Se evitará el contacto de residuos con el agua de lluvia o su arrastre por el viento, procediendo, en caso necesario, a su cubrición.
- Los recipientes o envases conteniendo residuos peligrosos deberán observar las normas de seguridad establecidas en el artículo 13 del *Real Decreto 833/1988*, de 20 de julio, por el que se aprueba el *reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986*, de 14 de mayo, *Básica de Residuos Tóxicos y peligrosos* y permanecerán cerrados hasta su entrega a gestor en evitación de cualquier pérdida de contenido por derrame o evaporación. Asimismo, estarán etiquetados de forma clara, legible e indeleble.
- El tiempo de almacenamiento de los residuos no podrá exceder de seis meses.
- Previamente al traslado de los residuos hasta las instalaciones del gestor autorizado, se dispondrá de compromiso documental de aceptación por parte de dicho gestor autorizado, en el que se fijen las condiciones de ésta, verificando las características del residuo a tratar y la adecuación a su autorización administrativa.
- Con anterioridad al traslado de los residuos peligrosos y una vez efectuada, en su caso, la notificación previa de dicho traslado con la antelación reglamentariamente establecida, se procederá a cumplimentar el documento de control y seguimiento, una fracción de la cual deberá ser entregada al transportista como acompañamiento de la carga desde su origen hasta el destino previsto.
- Se comprobará que el transporte a utilizar para el traslado de residuos peligrosos hasta las instalaciones del gestor autorizado reúne los requisitos exigidos por la legislación vigente para el transporte de este tipo de mercancías.

#### 5.6.1.2. Medidas preventivas sobre el suelo

- En caso necesario, se someterán las parcelas afectadas por el proyecto al procedimiento de declaración de calidad del suelo, de acuerdo al artículo 17 de *la Ley 1/2005* de 4 de febrero, para la *prevención y corrección de la contaminación del suelo*.
- Se minimizarán las zonas de acopio de materiales de montaje de la infraestructura y procedentes de la excavación, de tal manera que se reduzca al máximo la extensión de las zonas afectadas.
- La realización de labores de mantenimiento de maquinaria en lugares no habilitados para ello, podría producir contaminación al suelo debido a la manipulación en el medio natural de lubricantes y combustibles de la maquinaria especializada. Por ello, se evitará la realización de estas operaciones de mantenimiento y limpieza en el área de obras, debiéndose realizar las mismas en talleres autorizados. Además, la maquinaria que se vaya a utilizar durante la ejecución de las obras será revisada con objeto de evitar pérdidas de lubricantes, combustibles, etc.

#### 5.6.1.3. *Medidas preventivas sobre hidrología*

- Se evitará en la zona cualquier tipo de vertido, tales como aceites, grasas, hormigón, etc., que pueda llevar consigo la contaminación de las aguas.
- Se procederá a la limpieza y retirada de posibles aterramientos que puedan obstaculizar el flujo natural de las aguas superficiales.
- La medida indicada para el uso de maquinaria en el caso de la protección del suelo es igualmente aplicable para la hidrología.

#### 5.6.1.4. *Medidas preventivas sobre la calidad del aire*

- Se realizará un mantenimiento adecuado de las máquinas con motor de combustión con objeto de conseguir que los niveles de emisión de gases se sitúen dentro de los límites marcados por la legislación. Los vehículos se someterán rigurosamente a las inspecciones técnicas de vehículos (ITV) cuando sea necesario.
- Instrucciones de conducción: se contemplarán diversas pautas sobre conducción para los conductores de la maquinaria. Entre ellas, evitar el exceso de velocidad, realizar una conducción suave (sin aceleraciones ni retenciones), parar las máquinas en periodos de espera o planificar los recorridos para optimizar el rendimiento evitando el funcionamiento simultáneo de maquinaria pesada cuando sea innecesario.
- Minimización de partículas en suspensión (polvo): para minimizar al máximo la generación de polvo en suspensión provocada por el tránsito de maquinaria pesada, en caso necesario se procederá al riego de las superficies afectadas por el paso de los camiones. Por otra parte, se evitará el levantamiento de polvo en las operaciones de carga y descarga de materiales, así como el apilamiento de materiales finos en zonas desprotegidas del viento para evitar el sobrevuelo de partículas, realizando, en caso de considerarse necesario, riegos durante la obra.
- Los ruidos podrán prevenirse mediante un mantenimiento regular de la maquinaria, sobre todo de los equipos con niveles altos de vibración, usando silenciadores en los escapes de vehículos y equipos móviles y ejecutando los trabajos por el día.

#### 5.6.1.5. *Medidas preventivas sobre la vegetación*

Las principales acciones que afectarán a la vegetación natural existente en la zona son las relativas al tránsito y funcionamiento de la maquinaria. Las medidas a adoptar serán:

- Elección de zonas de acúmulos de materiales: los materiales serán acumulados en áreas desprovistas de vegetación.
- Minimización de partículas en suspensión (polvo): mediante la aplicación de la medida comentada en el apartado sobre el aire, se reducirá también la afección producida por el polvo en suspensión sobre la vegetación del entorno.
- Se pondrá especial cuidado en no producir afecciones a la vegetación de ribera, señalizando la zona de tránsito y obras etc. y restituyendo, en todo caso, los posibles daños que se pudieran producir.

#### 5.6.1.6. *Medidas preventivas sobre la fauna*

Todas las consideraciones realizadas anteriormente para preservar la calidad de las aguas y la cubierta vegetal repercuten de forma positiva en este elemento.

- Con el objeto de evitar posibles molestias sobre la fauna derivadas de ruidos, polvos, presencia de maquinaria en movimiento y de personas, etc., se procederá, por parte del Director de Obra, a controlar todos estos aspectos al objeto de que presenten la menor influencia posible.

#### 5.6.1.7. *Medidas preventivas sobre el medio socioeconómico*

- Se señalizará correctamente la obra.
- Se realizarán las obras, y en concreto el cierre de las zanjas, en el menor tiempo posible, con el fin de mitigar en lo posible las molestias a la población.
- Se empleará mano de obra local para las tareas relacionadas con construcción, de tal manera que se incremente el nivel de población activa en los municipios del entorno.
- En cuanto a las infraestructuras existentes en la zona, se procurará que los transportes por carretera se realicen en las horas de menor intensidad de tráfico habitual, ello sin dejar de tener en cuenta que tendrán que cumplirse todas las normas establecidas para los transportes especiales por carretera.
- Se evitará al máximo cualquier tipo de afección a las infraestructuras existentes.
- Se señalizarán los cruces con las vías de comunicación principales, advirtiendo de la salida y entrada de vehículos pesados.

#### 5.6.1.8. *Medidas preventivas sobre el patrimonio*

- En caso de que durante la realización de los trabajos de excavación apareciesen indicios de restos históricos, arqueológicos o paleontológicos, se considerarán las medidas cautelares que proceda ejecutar y se pondrá en conocimiento de forma inmediata de las autoridades competentes.

#### 5.6.1.9. *Medidas preventivas sobre el paisaje*

- Las zonas de préstamos, parque de maquinaria, viario de acceso a las obras, instalaciones auxiliares, escombreras y/o vertederos se localizarán en zonas de mínimo impacto visual.
- Se procurará el mantenimiento en óptimo estado de pinturas y estado general de conservación de todos los equipos necesarios para la ejecución de la obra, especialmente en máquinas, señales, vallados y luminarias, así como el mantenimiento de una absoluta limpieza en la zona de obras, maquinaria y vehículos.

### 5.6.2. Medidas Correctoras

Una vez terminadas las labores de construcción, la aplicación de medidas correctoras tendrá por objeto reducir los impactos residuales.

Las medidas correctoras a considerar una vez finalizadas las obras son las siguientes:

- Eliminación adecuada de los materiales sobrantes en las obras y de cualquier vertido accidental, restituyendo la forma y aspectos originales del terreno.
- Restitución de los caminos y de todas las zonas que ha sido necesario cruzar y/o utilizar y que hayan resultado dañadas. Limpieza del material acumulado, préstamos o desperdicios, efectuando dicha limpieza de forma inmediata en el caso de que el material impida el paso de vehículos o peatones, o pueda suponer cualquier tipo de peligro para la población.
- Si accidentalmente se produce algún vertido directo de materiales grasos procedentes de la maquinaria, se procederá a recoger éstos de manera adecuada, junto con la parte afectada de terreno, para su posterior tratamiento o eliminación en centros apropiados.

## 5.7. Programa de vigilancia ambiental

La Vigilancia Ambiental es el proceso de control y seguimiento de los aspectos medioambientales del Proyecto. Su objetivo es establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental. Además, el Programa debe permitir la valoración de los impactos que sean difícilmente cuantificables o detectables en la fase de estudio, pudiendo diseñar nuevas medidas correctoras en el caso de que las existentes no sean suficientes.

La finalidad básica del seguimiento y control consistirá en evitar y subsanar en lo posible los principales problemas que puedan surgir durante la ejecución de las medidas protectoras y correctoras, en una primera fase previniendo los impactos, y en una segunda controlando los aspectos relacionados con la recuperación, en su caso, de las infraestructuras que hayan podido quedar dañadas, y con la comprobación de la efectividad de las medidas aplicadas.

Se llevarán a cabo una serie de procesos de seguimiento y control, en los que se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

### Fase de construcción

Durante esta fase se realizará un control permanente de la obra, de manera que se garantice que ésta se realiza de acuerdo con lo indicado en el apartado de medidas protectoras. En concreto, se vigilarán los siguientes aspectos:

- Supervisión del trazado de la línea: Se controlará a pie de obra que el trazado de la línea sobre el terreno discurre según lo establecido.
- Se realizará un control permanente de la obra, de manera que se garantice que ésta se realiza de acuerdo con lo indicado en el apartado de medidas protectoras y correctoras.
- Se comprobará la señalización de los tajos de obra y las zonas de movimiento de la maquinaria.
- Se realizarán Informes periódicos de Seguimiento, en los que quedarán contempladas las observaciones efectuadas durante el seguimiento de las obras, los resultados obtenidos en la aplicación de las medidas propuestas y, en su caso, los problemas detectados, siendo de gran importancia reflejar en dichos informes la detección, en su caso, de impactos no previstos.
- Una vez finalizadas las obras se efectuará una revisión completa de la línea controlando la correcta limpieza de los restos de obra en los distintos tajos. Se señalarán posibles vertidos incontrolados de residuos sólidos y/o líquidos, o compactación y deterioro de suelos en zonas inicialmente no previstas, informando a los responsables de la instalación para que procedan a la retirada inmediata de estos vertidos (en el caso de que se hayan producido) y la restauración de los suelos compactados.

### Fase de funcionamiento

Una vez finalizadas las obras y ya en fase de funcionamiento de la línea eléctrica, se desarrollará el seguimiento ambiental del mismo, para ver cómo los posibles impactos generados han sido adecuadamente minimizados e incluso eliminados, así como para analizar que no han aparecido impactos no previstos en el E.I.A.

En general, se verificará el buen estado y funcionamiento de los elementos de la Instalación, y se controlará si en algún momento fuera necesario adoptar algún tipo de medida correctora.

## 5.8. Conclusiones

La línea eléctrica a 25 kV Artes 1, producirá diversos impactos en los diferentes elementos del medio.

Los efectos serán negativos, aunque de muy baja magnitud, en los medios físico y biológico y en el paisaje y en algunos elementos del medio socioeconómico, mientras que en otros elementos del medio socioeconómico se generarán efectos de carácter positivo.

Una vez realizado el estudio detallado del medio y analizados los impactos generados en la construcción y funcionamiento de la línea eléctrica, el impacto global generado por esta infraestructura se considera compatible, aunque con posibilidad de aplicación de medidas tanto preventivas como correctoras que contribuirán de forma efectiva a la minimización de dicho impacto.

Por todo ello, se considera que las actuaciones propuestas son ambientalmente viables y que los impactos producidos por las mismas son mínimos, siempre y cuando sean aplicadas las medidas preventivas y correctoras indicadas en el presente informe, así como el Programa de Vigilancia Ambiental propuesto.





# CAPÍTULO 6:

## ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 6.1. Objeto

El objeto de este capítulo es definir el ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD para el siguiente proyecto:

NUEVA LINEA 25 kV
-------------------

A ejecutar en el término municipal de Artes y que consiste en:

X	Tendido de cable subterráneo
X	Tendido de línea aérea
X	Construcción de centro de transformación

Cumpliendo con el *Real Decreto 1627/1997*, de 24 de octubre, "Disposiciones mínimas de salud en las obras de construcción", el Estudio Básico contempla la identificación de los riesgos laborales, las medidas preventivas y las normas de seguridad y salud aplicables durante la ejecución de los trabajos en obra.

## 6.2. Obligaciones del contratista

Siguiendo las instrucciones del *real decreto 1627/1997*, antes del inicio de los trabajos en obra, la empresa adjudicataria de la obra, estará obligada a elaborar un "plan de seguridad y salud en el trabajo", en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en el estudio básico.

## 6.3. Actividades básicas

Durante la ejecución de los trabajos en obra se pueden destacar como actividades básicas:

### 6.3.1. *Tendido de cable subterráneo (C.S.)*

- Desplazamiento de personal
- Transporte de materiales y herramientas
- Apertura y acondicionamiento de zanjas para el tendido de cables
- Tendido de cables subterráneos
- Realización de empalmes en cables subterráneos
- Reposición de tierras, cierre de zanjas, compactación del terreno y reposición del pavimento
- Maniobras necesarias para retirar y reponer la tensión de un sector de la red
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario)

### 6.3.2. *Tendido de línea aérea (L.A.)*

- Desplazamiento de personal
- Transporte de materiales y herramientas
- Excavaciones para cimentación de apoyos líneas aéreas
- Hormigonado de cimentaciones
- Izado de apoyos de hormigón, madera y chapa
- Izado y montaje de apoyos de celosía
- Montaje de herrajes y aisladores en apoyos
- Tendido de conductores sobre apoyos
- Realización de empalmes en líneas aéreas
- Montaje de equipos de maniobra y protección
- Maniobras necesarias para retirar y reponer la tensión de un sector de la red
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario)
- Operaciones específicas para realizar trabajos en tensión

### 6.3.3. Construcción centro de transformación, interior o intemperie (C.T.)

- Desplazamiento de personal
- Transporte de materiales y herramientas
- Obra civil para construcción edificio
- Excavaciones para cimentación de apoyos líneas aéreas
- Hormigonado de cimentaciones
- Izado y montaje de apoyos de celosía
- Montaje de herrajes y aisladores en apoyos
- Montaje de equipos de maniobra, protección y transformadores
- Maniobras necesarias para retirar y reponer la tensión de un sector de la red
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario)

## 6.4. Identificación de riesgos

### 6.4.1. Riesgos laborales

- Caídas de personal al mismo nivel
  - Por deficiencias en el suelo
  - Por pisar o tropezar con objetos
  - Por malas condiciones atmosféricas
  - Por existencia de vertidos o líquidos
- Caídas de personal a distinto nivel
  - Por desniveles, zanjas o taludes
  - Por huecos
  - Desde escaleras, portátiles o fijas
  - Desde andamios
  - Desde tejados o muros
  - Desde apoyos
  - Desde árboles
- Caídas de objetos
  - Por manipulación manual
  - Por manipulación con aparatos elevadores
- Desprendimientos, desplomes o derrumbes
  - Apoyos
  - Elementos de montaje fijos
  - Hundimiento de zanjas, pozos o galerías
- Choques y golpes
  - Contra objetos fijos y móviles
  - Contra máquinas portátiles (eléctricas, neumáticas)

C.S.	L.A.	C.T.
	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
		X
		X
	X	X
	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
	X	X
	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X

	C.S.	L.A.	C.T.
- Atrapamientos	X	X	X
◦ Con herramientas	X	X	X
◦ Por maquinaria o mecanismos en movimiento	X	X	X
◦ Por objetos	X	X	X
- Cortes	X	X	X
◦ Con herramientas	X	X	X
◦ Con máquinas	X	X	X
◦ Con objetos	X	X	X
- Proyecciones	X	X	X
◦ Por partículas sólidas	X	X	X
◦ Por líquidos	X	X	X
- Contactos térmicos	X		X
◦ Con fluidos	X		X
◦ Con focos de calor	X		X
◦ Con proyecciones	X		X
- Contactos químicos	X		X
◦ Con sustancias corrosivas	X		X
◦ Con sustancias irritantes	X		X
◦ Con sustancias químicas	X		X
- Contactos eléctricos	X	X	X
◦ Directos	X	X	X
◦ Indirectos	X	X	X
◦ Descargas eléctricas	X	X	X
- Arco eléctrico	X	X	X
◦ Por contacto directo	X	X	X
◦ Por proyección	X	X	X
◦ Por exposición en corriente continua	X	X	X
- Manipulación de cargas o herramientas	X	X	X
◦ Por desplazar, levantar o sostener cargas	X	X	X
◦ Por uso de herramientas	X	X	X
◦ Por movimientos bruscos	X	X	X
- Riesgos derivados del tráfico	X	X	X
◦ Choque entre vehículos y contra objetos fijos	X	X	X
◦ Atropellos	X	X	X
◦ Fallos mecánicos y vuelco de vehículos	X	X	X
- Explosiones	X		
◦ Por atmósferas explosivas	X		
◦ Por elementos de presión			
◦ Por voladuras o material explosivo			
- Agresión de animales	X	X	X
◦ Insectos	X	X	X
◦ Reptiles	X	X	X
◦ Perros y gatos	X	X	X
◦ Otros	X	X	X
- Ruidos	X	X	X

- Por exposición
- Vibraciones
  - Por exposición
- Ventilación
  - Por ventilación insuficiente
  - Por atmósferas bajas en oxígeno
- Iluminación
  - Por iluminación ambiental insuficiente
  - Por deslumbramientos y reflejos
- Condiciones térmicas
  - Por exposición a temperaturas extremas
  - Por cambios bruscos de temperatura
  - Por estrés térmico

C.S.	L.A.	C.T.
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X		X
X		
X		X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X		X
X		X
		X
		X

#### 6.4.2. Riesgos de daños a terceros

- Por la existencia de curiosos
- Por la proximidad de circulación vial
- Por la proximidad de zonas habitadas
- Por presencia de cables eléctricos con tensión
- Por manipulación de cables con corriente
- Por presencia de tuberías de gas o agua

C.S.	L.A.	C.T.
	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X

## 6.5. Medidas preventivas

Para evitar o reducir los riesgos relacionados, se adoptarán las siguientes medidas:

#### 6.5.1. Prevención de riesgos laborales a nivel colectivo

- Se mantendrá el orden y la limpieza en la zona de trabajo
- Se acondicionaran pasos para peatones
- Se procederá al vallado, balizamiento y señalización de la zona de trabajo
- Se dispondrá del número de botiquines adecuado al número de personas que intervengan en la obra
- Las zanjas y excavaciones quedarán suficientemente valladas y señalizadas
- Se colocarán tapas provisionales en agujeros y arquetas hasta no disponer de las definitivas
- Se revisará el estado de conservación de las escaleras portátiles y fijas diariamente, antes de iniciar el trabajo y nunca serán de fabricación provisional

- Las escaleras portátiles no estarán pintadas y se trabajará sobre las mismas de la siguiente manera:
  - Sólo podrá subirse un operario
  - Mientras el operario esté subido, otro sujetará la escalera por la base
  - La base de la escalera no sobresaldrá más de 1 m del plano al que se quiere acceder
  - Las escaleras de más de 12 m se atarán por sus dos extremos
  - Las herramientas se subirán mediante una cuerda y en el interior de una bolsa
  - Si se trabaja por encima de 2 m se utilizará cinturón de seguridad, anclado a un punto fijo diferente de la escalera
- Los andamios serán de estructura sólida y dispondrán de barandillas, barra intermedia y rodapiés
- Se evitará trabajar a diferentes niveles en la misma vertical y permanecer debajo de cargas suspendidas
- La maquinaria utilizada (excavación, elevación de material, tendido de cables, etc.) sólo será manipulada por personal especializado
- Antes de iniciar el trabajo se comprobará el estado de los elementos situados por encima de la zona de trabajo
- Las máquinas de excavación dispondrán de elementos de protección contra vuelcos
- Se procederá al entibado de zanjas siempre que el terreno sea blando o se trabaje a más de 1,5 m de profundidad
- Se comprobará el estado del terreno antes de iniciar la jornada y después de lluvia intensa
- Se evitará el almacenamiento de tierras en el borde de las zanjas o huecos de cimentaciones
- En todas las máquinas los elementos móviles estarán debidamente protegidos
- Todos los productos químicos a utilizar (disolventes, grasas, gases o líquidos aislantes, aceites refrigerantes, pinturas, siliconas, etc.) se manipularán siguiendo las instrucciones de los fabricantes
- Los armarios de alimentación eléctrica dispondrán de interruptores diferenciales y tomas de tierra
- Transformadores de seguridad para trabajos con electricidad en zonas húmedas o muy conductoras de electricidad
- Todo el personal deberá haber recibido una formación general de seguridad y además el personal que deba realizar trabajos en altura formación específica en riesgos en altura
- Para trabajos en proximidad de tensión el personal que intervenga deberá haber recibido formación específica de riesgo eléctrico
- Los vehículos utilizados para transporte de personal y mercancías estarán en perfecto estado de mantenimiento y al corriente de la ITV
- Se montará la protección pasiva adecuada en la zona de trabajo para evitar atropellos
- En las zonas de trabajo que se necesite se montará ventilación forzada para evitar atmósferas nocivas
- Se colocarán válvulas antirretroceso en los manómetros y en las cañas de los sopletes
- Las botellas o contenedores de productos explosivos se mantendrán fuera de las zonas de trabajo
- El movimiento del material explosivo y las voladuras serán efectuados por personal especializado

- Se observarán las distancias de seguridad con otros servicios, para lo cual se requerirá tener un conocimiento previo del trazado y características de las mismas
- Se utilizarán los equipos de iluminación que se precisen según el desarrollo y características de la obra (adicional o socorro)
- Se retirará la tensión en la instalación en que se esté trabajando, abriendo con corte visible todas las fuentes de tensión, poniéndolas a tierra y en cortocircuito. Para realizar estas operaciones se utilizará el material de seguridad colectivo que se precise
- Sólo se restablecerá el servicio a la instalación eléctrica cuando se tenga la completa seguridad de que no queda nadie trabajando
- Para la realización de trabajos en tensión el contratista dispondrá de:
  - Procedimiento de trabajo específico
  - Material de seguridad colectivo que se precise
  - Aceptación de la empresa eléctrica del procedimiento de trabajo
  - Vigilancia constante del jefe de trabajo en tensión

#### 6.5.2. *Prevención de riesgos laborales a nivel individual*

El personal de obra debe disponer, con carácter general, del material de protección individual que se relaciona y que tiene la obligación de utilizar dependiendo de las actividades que desarrolle:

- Casco de seguridad
- Ropa de trabajo adecuada para el tipo de trabajo a desarrollar
- Impermeable
- Calzado de seguridad
- Botas de agua
- Trepadores y elementos de sujeción personal para evitar caídas entre distintos niveles
- Guantes de protección frente a golpes, cortes, contactos térmicos y contacto con sustancias químicas
- Guantes de protección eléctrica
- Guantes de goma, neopreno o similar para hormigonado, obras de paleta, etc.
- Gafas de protección para evitar deslumbramientos, molestias o lesiones oculares, en caso de:
  - Arco eléctrico
  - Soldaduras y oxicorte
  - Proyección de partículas sólidas
  - Ambiente polvoriento
- Pantalla facial
- Orejeras y tapones para protección acústica
- Protección contra vibraciones en brazos y piernas
- Máscara autofiltrante para trabajos con ambiente polvoriento
- Equipos autónomos de respiración
- Productos repelentes de insectos
- Aparatos espanta-perros
- Pastillas de sal (estrés térmico)

Todo el material estará en perfecto estado de uso.

### 6.5.3. Prevención de riesgos de daños a terceros

- Vallado y protección de la zona de trabajo con balizas luminosas y rótulos de prohibido el paso
- Señalización en calzada y colocación de balizas luminosas en calles de acceso a zona de trabajo, en los desvíos provisionales por obras, etc.
- Riego periódico de las zonas de trabajo en que se genere polvo

## 6.6. Normativa aplicable

En el proceso de ejecución de los trabajos deberán observarse las normas y reglamentos de seguridad. En particular son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en la siguiente normativa:

- *Real Decreto 223/2008* de 15 de febrero, mediante el cual se aprueba el *Reglamento sobre condiciones Técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (RLAT y ITC LAT)*
- Orden de 9 de marzo de 1971. *Artículos vigentes de la ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo*
- *Decreto 2413/1973. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias*
- *Decreto 2114/1978* de 23 de Mayo. *Reglamento de explosivos*
- *Real decreto 3275/1982. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias* (Orden ministerial 18-10-1984)
- *Real decreto 1495/1986. Reglamento de seguridad de máquinas*
- *Ley 8/1988* de 7 de abril. *Infracciones y sanciones en el orden social*
- *Real decreto 1316/1989. Protección de los trabajadores frente al ruido*
- *Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales*
- *Real decreto 485/1997. Señalización de los lugares de trabajo*
- *Real decreto 486/1997. Disposiciones mínimas de seguridad en lugares de trabajo*
- *Real decreto 487/1997. Disposiciones mínimas en la manipulación de cargas*
- *Real decreto 773/1997. Utilización de equipos de protección individual*
- *Real decreto 1215/1997. Utilización de equipos de trabajo*
- *Real decreto 1314/1997. Disposiciones de aplicación de la Directiva Europea*
- *Real decreto 1627/1997. Condiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción*
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Código de circulación
- Reglamento de aparatos a presión
- Recomendaciones AMYS sobre trabajos en recintos cerrados
- Instrucción general de operaciones, normas y procedimientos relativos a seguridad y salud laboral, de la empresa contratante



